

Autor del trabajo: Juan Carlos González Rodríguez

Título: Investigaciones en el desarrollo de libros interactivos

Fecha/Convocatoria de defensa: Junio 2012

Director del trabajo: José Luis Guzmán Sánchez

# Investigaciones en el desarrollo de libros interactivos

Juan Carlos González Rodríguez

Universidad de Almería, Almería, España

Máster en Informática Industrial

El campo de la educación se encuentra sometido a un continuo cambio con la incorporación de nuevos métodos y técnicas en el aprendizaje y la enseñanza a la misma vez que lo hacen las tecnologías en general y más específicamente las tecnologías de la información y la comunicación. Estos métodos y técnicas innovadoras permiten mejorar las tareas en la enseñanza a los educadores. Dentro del campo de la ingeniería una de las técnicas con mayor impacto han sido las herramientas interactivas estableciéndose como un complemento excelente para la enseñanza. Por otra parte, se está extendiendo en los últimos años el uso de los libros electrónicos, es decir los libros en formato digital. Estos tienen como ventaja su portabilidad, la accesibilidad y la posibilidad de enriquecer el texto con otro contenido digital como complemento. Este tipo de libros también se están presentando en la actualidad como un magnífico soporte docente. Este trabajo fin de máster realiza un estudio de las aplicaciones actuales que permiten fusionar estos dos recursos didácticos, tratando de incluir herramientas interactivas en un libro electrónico. En este trabajo se ha un estudio exhaustivo de los pasos realizados para la creación de un libro electrónico sobre la teoría de control automático que incluye una amplia batería de herramientas interactivas asociados a los contenidos del libro. En definitiva consiste en investigar cómo hacer que las figuras de un libro sean interactivas.

*Index Terms*—Herramientas interactivas, libros electrónicos, HTML5, iBooks Author, dispositivos móviles.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las universidades están continuamente enfrentándose a nuevos retos, donde muchos de estos retos están relacionados con las nuevas tecnologías. En este ámbito, los estudiantes tienen un conocimiento tecnológico mayor, nuevas ideas sobre la enseñanza, el aprendizaje y el significado de la educación. La informatización es un fenómeno mundial y ha llegado a la Universidad al estar en la vanguardia de las últimas innovaciones científico-técnicas. En la actualidad, en las universidades la informática esta presente en los servicios administrativos (por ejemplo en el proceso de matriculación), en los servicios de apoyo a la investigación (como hemerotecas, por poner un ejemplo) y últimamente en los procesos de enseñanza (véase como ejemplo las tutorías en línea, los cursos virtuales, etc). La informatización de la Universidad, con la creación de espacios y servicios virtuales a través de la red, tiene el propósito de mejorar y optimizar todo el conjunto de actividades y funciones que se realizan en ella. Este primer enfoque necesita diferenciarse de la Universidad Virtual, en la que todos los espacios y todas las comunicaciones entre seres humanos están mediadas por las redes y los computadores.

Los computadores son una herramienta muy presente en las escuelas y universidades de los países desarrollados y se van introduciendo muy rápidamente en las aulas de los países en vías de desarrollo. Se han creado muchas herramientas de

aprendizaje basadas en computador, desde juegos didácticos hasta software de enseñanza asistida por computador y software de ayuda para el profesor. Los centros educativos están conectados a Internet e incluso los alumnos de las zonas más remotas tienen acceso a la creciente cantidad de información que antes sólo estaba al alcance de aquellas poblaciones próximas a las bibliotecas municipales y universitarias más completas. Mediante Internet, profesores y alumnos tienen acceso a material curricular, de formación de profesorado y otros materiales de aprendizaje, algunos provistos por sus propias administraciones centrales o estatales y otros suministrados por proveedores privados. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se utilizan ampliamente en la enseñanza a distancia y sustituyen a la antigua escuela por correspondencia y a la televisión educativa. En general, la nueva educación a distancia se realiza mediante Internet [7].

Esta emergente sociedad de la información, sustentada por el uso generalizado de las potentes y versátiles TIC, conlleva cambios que alcanzan todos los ámbitos de la actividad humana. Sus efectos se manifiestan, de manera muy especial, en las actividades laborales y en el mundo educativo, donde todo debe ser revisado: desde la razón de ser de la escuela y demás instituciones educativas, hasta la formación básica que precisamos las personas, la forma de enseñar y de aprender, las infraestructuras y los medios que utilizamos para ello, la

estructura organizativa de los centros y su cultura, el rol del profesor, el rol del alumno,...

Basándose en la clasificación realizada en [1], si se atiende a los tipos de herramientas existentes, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (nuevas TICs para abreviar) más comunes que se pueden encontrar en la actualidad se pueden clasificar en [10]:

- Programas informáticos. Constituyen una herramienta que ayuda a la transformación de la enseñanza y del aprendizaje, porque encaminan, apoyan y complementan cualquier información.
- Medios audiovisuales. Bajo esta denominación se agrupan las tecnologías que permiten la realización de una comunicación a distancia, una interacción entre un emisor y un receptor que no están próximos físicamente.
- Herramientas multimedia. Se tratan de aplicaciones software que integran el uso de múltiples recursos (textos, sonido, imágenes, vídeo, etc.) dentro de un proceso de comunicación a través del ordenador. Las herramientas multimedia pueden tener diferentes usos, pero es en la instrucción donde tiene una mayor aplicabilidad; su efectividad depende de las relaciones que se establecen entre sus componentes y corresponde al diseñador del software anticipar los niveles de interacción que se han de suscitar. Al hablar de que los programas multimedia interactivos están diseñados en niveles, se hace referencia al hecho de que deben facilitar la navegación a través del programa y responder a las necesidades y características individuales de cada usuario. Así mismo, deben incorporar situaciones de interacción entre el programa y el usuario, de modo que las respuestas que emita éste sobre las actividades multimedia guiarán el desarrollo del programa.
- Herramientas relacionadas con Internet. Se refiere a la conexión de los ordenadores con una red de información por todo el mundo, y que pueden utilizarse para adquirir nuevos conocimientos o intercambiar información en diversos formatos como texto, imágenes, música, vídeo, etc.

La clasificación anteriormente dada es igualmente válida dentro del campo de la docencia, pero se pueden resaltar algunos ejemplos de herramientas en los diferentes campos anteriormente citados [10].

- Programas informáticos. En el ámbito de la enseñanza, en este grupo se podría incluir cualquier simulador que ayude el aprendizaje del alumnado, o presentaciones en transparencias digitales que facilitan la tarea del docente.
- Medios audiovisuales. En el contexto educativo se podrían citar algunos ejemplos como la videoconferencia entre profesores y alumnos separados por grandes distancias, e incluso también

se podría considerar a Internet como una herramienta audiovisual de comunicación a distancia.

- Herramientas multimedia. En este punto se podrían citar las enciclopedias virtuales que poco a poco están sustituyendo a las más clásicas de papel, los CD o DVD interactivos, los vídeos digitales, tutoriales interactivos que ayuden al alumno en su tarea de aprendizaje, entre otros.
- Herramientas relacionadas con Internet. Incluirían tanto las herramientas típicas de Internet, que pueden ser de utilidad para el alumno y al profesor, como programas de enseñanza virtual del tipo WebCT, páginas Web donde tanto el alumno como el docente puedan consultar información, el correo electrónico que ayuda a mantener una enseñanza a distancia, los grupos de noticias, el FTP que permite subir o bajar archivos relacionados con la materia, etc.

Cuando se plantea el efecto que han tenido las TICs en el campo concreto de las titulaciones de Ingeniería, sería necesario ver dicho efecto desde dos puntos de vista: teórico y práctico [10].

Desde un punto de vista teórico, los avances docentes producidos por las TICs a nivel general son totalmente aplicables al campo de la ingeniería. De esta forma y según lo tratado en el punto anterior, se pueden considerar como posibles TICs para ingeniería desde un punto de vista teórico las siguientes:

- Herramientas de simulación interactivas: con el fin de mostrar ejemplos prácticos en clase teórica y hacer corresponder la teoría con la práctica.
- Vídeo-Tutoriales: vídeos autocontenidos que permiten recibir los contenidos típicos de una clase presencial pero sin restricciones espacio-temporales.
- Material en línea (online): sitio web de la asignatura con información complementaria, enlaces, herramientas, etc.
- Transparencias digitales: pero no como una mera exposición del texto o fórmulas del contenido teórico, sino como complemento a la teoría y para proporcionar cierto dinamismo. También cuando se utiliza como pizarra digital.

La enseñanza en la ingeniería se caracteriza por ser una disciplina con un fuerte contenido experimental, donde el alumno necesita poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo del curso. Esta componente práctica se ha llevado a cabo tradicionalmente en laboratorios de prácticas. Como es bien conocido, el disponer de un laboratorio bien equipado de elementos para impartir una materia tiene algunos inconvenientes desde el punto de vista temporal y económico: costes en la adquisición de equipos, costes de mantenimiento, coste de personal para puesta en funcionamiento, uso de los dispositivos únicamente en horas lectivas, etc.; y desde el punto de vista de los estudiantes: horario restringido, tiempos de espera cuando existe material limitado, desplazamientos

fuera de horario, etc. Estos aspectos muestran la necesidad de nuevos elementos que permitan cubrir las carencias existentes en los laboratorios tradicionales. Es aquí donde entran en juego los laboratorios virtuales y remotos [5], [18].

Los laboratorios virtuales son herramientas software locales o remotas que, mediante el uso de un modelo y junto con una interfaz de experimentación, simulan los principales aspectos de una planta real, permitiendo al usuario realizar las mismas operaciones que un laboratorio tradicional pero todo ello de forma virtual. Los laboratorios remotos son herramientas que permiten el acceso al equipamiento de un laboratorio real a través de una red. El usuario controla de forma remota sistemas físicos reales mediante una interfaz de experimentación que se encuentra conectada directamente a la planta real. De esta forma es posible explotar el rendimiento de los laboratorios las 24 horas de día, permitiendo una mayor flexibilidad horaria y un menor coste económico (necesitándose menos recursos, puesto que los existentes pueden ser usados durante más tiempo)

Actualmente, existen entornos de desarrollo que permiten implementar este tipo de herramientas de una forma bastante transparente. Ejemplos de tales entornos son Easy Java Simulations [6] y LabVIEW de National Instruments [15].

Otro avance importante en el apoyo a la docencia en Ingeniería ha sido la aparición de las herramientas interactivas. A la hora de estudiar un determinado sistema o comprender las leyes físicas que describen su conducta, los científicos e ingenieros suelen utilizar computadores para calcular y representar gráficamente diferentes magnitudes. Este aspecto queda perfectamente reflejado en el campo del Control Automático donde a menudo se utilizan: respuestas en los dominios del tiempo y la frecuencia, localización de polos y ceros en el plano complejo, diagramas de Bode, Nyquist y Nichols, lugar de las raíces, etc. Con frecuencia, estas magnitudes están relacionadas entre sí ya que constituyen diferentes visiones de una misma realidad. La comprensión de estas relaciones es una de las claves para lograr un buen aprendizaje de los conceptos básicos y permite al alumno estar en disposición de realizar diseños de sistemas de control automático con cierto sentido. A la hora de llevar a cabo el diseño de un sistema es necesario seguir un proceso iterativo compuesto de dos fases (ver Figura 1). La primera consiste en determinar los principales parámetros del sistema basándose en las especificaciones del problema. La segunda consiste en evaluar los resultados obtenidos y compararlos con las especificaciones. En caso de no cumplir los requisitos, se repetirán de nuevo dichas etapas [5].

En los últimos años se han desarrollado gran cantidad de herramientas basándose en las ideas y conceptos implementados por el Profesor Åström y colaboradores del Instituto Tecnológico de Lund. Estas ideas se basan en los conceptos de gráficas dinámicas y sistemas virtuales interactivos, que fueron introducidos por Wittenmark, donde el principal objetivo de estas herramientas es hacer más activos a los estudiantes aumentando su participación en los cursos de control. Estas nuevas herramientas están basadas en objetos que permiten una manipulación gráfica directa de

forma que mientras un objeto está siendo modificado el resto de elementos son actualizados automáticamente, pudiéndose observar, en todo momento y de forma directa la relación existente entre todos ellos. Las herramientas Ictools y CCSdemo [12],[19], desarrollados en el Departamento de Control Automático en el Instituto Tecnológico de Lund, y Sysquake en el Instituto de Automática de la Escuela Politécnica de Lausanne [16], son buenos ejemplos de esta nueva filosofía docente para la enseñanza de control automático.

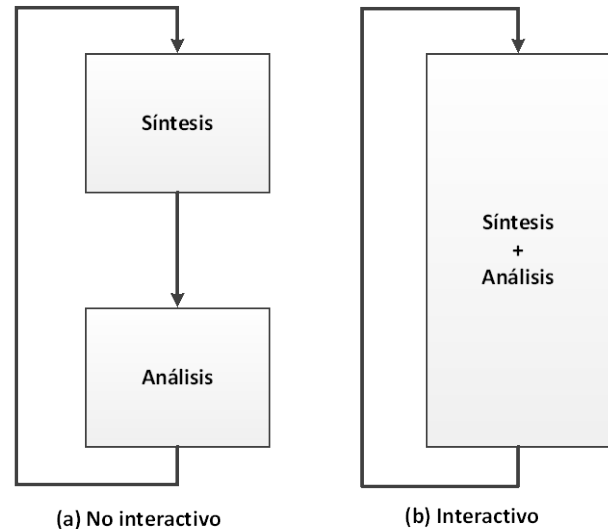


Fig. 1. Paradigmas de diseño.

Gracias a este tipo de herramientas interactivas es posible realizar las fases de síntesis y análisis comentados anteriormente de forma conjunta (figura 1.b), de modo que cuando un parámetro es modificado su efecto se ve reflejado inmediatamente. De esta forma el proceso de diseño se hace realmente dinámico y el alumno percibe el gradiente del cambio del criterio de comportamiento con respecto a los elementos que manipula.

Las ideas del control automático son realmente ricas en contenido visual que puede representarse de forma intuitiva y geométrica. Estos contenidos visuales se pueden emplear tanto para presentar tareas como para manejar conceptos y métodos que permitan manipularlos en la resolución de los problemas.

Las ideas básicas del control automático surgen a menudo de situaciones visuales muy específicas y todos los expertos en control reconocen la gran utilidad que supone partir de estas concreciones cuando necesitan manejar los correspondientes objetos abstractos. La percepción humana es fundamentalmente visual y, por lo tanto, no debe sorprender que las ayudas mediante visualizaciones estén tan presentes en el trabajo docente. Con gran frecuencia se utilizan procesos simbólicos, diagramas visuales y otras formas de procesos imaginativos que permiten adquirir, lo que se podría llamar,

una cierta intuición de lo abstracto. Estos aspectos intuitivos son probablemente mucho más difíciles de explicitar y asimilar por los estudiantes precisamente porque muy a menudo se encuentran en el sustrato menos consciente de la actividad del especialista [4].

A partir de estas consideraciones generales el computador se puede considerar como una herramienta que permite visualizar y manipular de forma interactiva los objetos que son propios del control automático. El objetivo último es facilitar la comprensión de los conceptos que se tratan de transmitir y enseñar a los estudiantes. Se pueden encontrar en la literatura muchas herramientas interactivas sobre control automático, presentadas como una gran ayuda para la enseñanza, variando desde conceptos básicos hasta los más avanzados [12], [2], [8], [9], [13], [11], [17].

El desarrollo de estas herramientas ha mejorado durante los años, comenzando por las herramientas implementadas en Matlab incluyendo propiedades interactivas, hasta los entornos de programación específicos enfocados en el desarrollo de herramientas interactivas, como es el caso de Easy Java Simulations (EJS). EJS es una herramienta de código abierto que ayuda a crear laboratorios interactivos virtuales y remotos en lenguaje Java. Por otro lado, Sysquake es una herramienta cuyo lenguaje es similar a Matlab, siendo de rápida ejecución y proporciona excelentes facilidades para gráficos interactivos. EJS está llegando a ser muy popular para el desarrollo de laboratorios virtuales y remotos, mientras que Sysquake es el entorno más importante para desarrollar herramientas interactivas en ingeniería de control. Estas herramientas y otras similares son potentes para desarrollar herramientas gráficas interactivas pero tienen una serie de desventajas entre las que están la necesidad de generar archivos ejecutables para la plataforma donde se ejecutan, pueden ser pesados teniendo que instalar extensiones en los computadores o puede que se necesiten licencias.

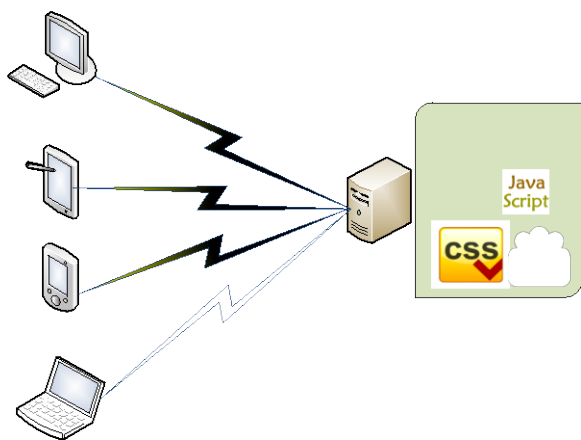


Fig. 2. Esquema de conexión de dispositivos con un servidor usando estándares W3C.

En la actualidad existen multitud de herramientas interactivas utilizadas en el ámbito del control automático, donde la gran mayoría de ellas han sido desarrolladas con entornos específicos tipo Sysquake, Easy Java Simulation, etc. El inconveniente de estas herramientas interactivas resultantes es que precisan de la instalación de software adicional y/o de la descarga del archivo ejecutable de la misma para poder ser utilizada. Actualmente, esto se presenta como una desventaja cuando se desea hacer uso de este tipo de herramientas en cualquier dispositivo con acceso a Internet que se encuentra actualmente disponible, tales como Notebooks, computadores, dispositivos móviles, iPhone, iPad, etc. Muchos de estos dispositivos tienen limitada su capacidad y/o potencial y no soportan aplicaciones pesadas y, al mismo tiempo, algunos de ellos pueden tener sistemas operativos específicos no compatibles entre sí. Este hecho hace que o bien las herramientas interactivas desarrolladas se deban implementar para distintos sistemas operativos y distintas plataformas (exceptuando Java en algunos casos) o que se plantee la posibilidad de desarrollar las herramientas en algún tipo de soporte genérico que permita el uso de las mismas de forma transparente, independiente de la plataforma o dispositivo utilizado. Para ello, una solución factible es hacer uso de estándares web, (como los proporcionados por W3C para realizar aplicaciones basadas en web y que soportan la mayoría de los navegadores) para el desarrollo de este tipo de herramientas de tal forma que éstas se puedan utilizar desde cualquier tipo de dispositivo y solamente requiriendo el uso de un navegador web (ver Figura 2).

Esta solución se presentó en [7], demostrando que es posible realizar herramientas interactivas que no dependan del dispositivo. El uso de estándares web abre un abanico de nuevas posibilidades, principalmente debido a que muchas herramientas que ofrecen otros medios para facilitar el trabajo del docente dan la posibilidad de añadir partes creadas con estos estándares.

Una de estas nuevas herramientas que está siendo cada vez más popular en el ámbito fuera de la educación son los libros electrónicos. Aunque las ventajas de este tipo de libros son ampliamente conocidas por la sociedad actual, desde un punto de vista docente suelen carecer de un soporte docente adicional, como puede ser la capacidad interactividad, pasando a ser simples copias digitales de las versiones existentes en papel. Recientemente, la compañía Apple ha contribuido en ayudar a cubrir este inconveniente con la propuesta de una herramienta para la creación de libros electrónicos con posibilidades interactivas dirigido a los usuarios de iPad. Esta herramienta se denomina iBooks Author y permite añadir al texto imágenes interactivas, vídeos, objetos en 3D y añadir código HTML (que se trata de un estándar web) en un entorno amigable. Gracias a este entorno, existe la posibilidad dar interactividad a un libro electrónico, que es la finalidad de este trabajo fin de Máster [7].

Los libros electrónicos que ofrezcan interactividad puede ser una opción que facilite el trabajo del docente, permitiendo al educador unir de una forma simple los contenidos y un medio para asimilar los conocimientos que muestran estos contenidos mediante herramientas interactivas. Siendo interesante

comprobar el alcance que pueden tener estos libros en la educación, en este trabajo fin de máster se pretende mostrar las capacidad que puede tener los libros electrónicos con interactividad para la educación proponiendo un la creación de un libro con estas características sobre la teoría de control. Se ha elegido la teoría de control debido a que es un ejemplo claro del uso de la interactividad y las herramientas interactivas en la educación [4], [5].

## II. HERRAMIENTAS INTERACTIVAS PARA DISPOSITIVOS MÓVILES

Para la creación de un libro electrónico con una mayor interactividad se han creado una serie de herramientas interactivas. Aunque en la actualidad el desarrollo actual de herramientas interactivas se realiza en su mayoría con EJS y Sysquake, entre otros, éstas tiene limitaciones en dispositivos móviles. Estas limitaciones radican en que se deben hacer específicamente para cada uno de los distintos dispositivos o incluso a los sistemas operativos de éstos. Esto se puede solucionar utilizando estándares web, donde hay un normalmente consenso por los fabricantes y desarrolladores de software para cumplirlos ya que son éstos mismo los que se implican en su elaboración. Por tanto, en general los distintos sistemas operativos de los dispositivos móviles suelen llevar un navegador web que cumplen estos estándares. Suelen incluirse en otras aplicaciones para poder añadir otras características que no posee la aplicación por si misma como es el caso de iBooks Author que permite añadir código HTML y es el programa que se va a utilizar como ejemplo en este trabajo fin de máster.

Aprovechando esta situación se propone utilizar herramientas interactivas elaboradas con estándares web para dispositivos móviles como ya se introdujo en [7].

Los estándares webs están agrupados y se pueden mediante W3C, el World Wide Web Consortium, que es una comunidad internacional que desarrolla estándares abiertos para asegurar el mantenimiento de la Web. Su misión es potenciar el crecimiento de la web mediante el desarrollo de protocolos y guías. Esto hace posible el acceso a la web en cualquier lugar, tiempo y dispositivo que sea usado, desde los computadores tradicionales hasta teléfonos y otros dispositivos móviles.

En las siguientes subsecciones se describen los distintos estándares desarrollados por W3C que se han utilizado en la realización del proyecto haciendo una breve descripción de su función y explicando cómo se utilizan para crear las herramientas interactivas [20].

### A. HTML, XHTML y HTML5

Casi con toda seguridad, el protocolo más usado en la Web es HTTP (HyperText Transfer Protocol, Protocolo de Transferencia de HiperTexto) y los datos que principalmente transporta están usando HTML (HyperText Markup Language, Lenguaje de Etiquetado de HiperTexto), en alguna de sus distintas especificaciones. En este apartado se introducen las distintas especificaciones de este lenguaje [24], [28], [25].

#### 1) HTML

HTML es el lenguaje para describir la estructura de las páginas Web dándole a los autores las capacidades de:

- Publicar documentos online con cabeceras, textos, tablas, listas, fotos, etc.
- Obtener información online vía enlaces de hipertexto, con un click de ratón.
- Diseñar formularios para dirigir transacciones con servicios remotos, para el uso en búsqueda de información, realizar reservas, encargar productos, etc.
- Incluir vídeos, audio, y otras aplicaciones directamente en los documentos.

HTML permite establecer la estructura visual del proyecto, creando marcos donde se dibujaran gráficos, añadir textos, y crear botones, cuadros de texto y deslizador (sliders) para manipular las herramientas interactivas.

La mayoría de la gente está de acuerdo que los documentos HTML deberían funcionar igual de bien independientemente de los navegadores o la plataforma utilizados. Esto permite interoperabilidad a bajo coste entre los proveedores de contenidos haciendo que estos tengan que desarrollar solo una versión del mismo documento.

Cada especificación de HTML ha intentado reflejar un gran consenso entre los actores de la industria para que la inversión realizada por los proveedores de contenidos no sea en vano y sus documentos no dejen de ser interpretados correctamente en un corto periodo de tiempo.

HTML ha sido desarrollado con la visión de que todo tipo de dispositivos pudieran ser capaces de usar la información de la Web: computadores personales con pantallas gráficas de distinta resolución y profundidad de color, teléfonos y computadores con alto o bajo ancho de banda.

#### 2) XHTML

XHTML es una variante de HTML que usa la sintaxis de XML (eXtensible Markup Language, Lenguaje de Etiquetado eXtensible). XHTML tiene los mismos elementos que las variantes HTML, pero su sintaxis es ligeramente diferente. A causa de que XHTML se ajusta a las especificaciones de XML, es posible usar otras herramientas XML con XHTML. Otra ventaja respecto a HTML es que si un documento es transmitido con tipo MIME HTML (el cual es text/html), entonces éste será procesado como un documento HTML por el navegador web. En cambio si es transmitido con tipo MIME XML (el cual es application/xhtml+xml), entonces es tratado como un documento XML por el navegador web y será analizado sintácticamente por un procesador XML. Los autores están de acuerdo que un procesamiento para XML y HTML difiere. Por ejemplo, un documento en donde no se cierran todas las etiquetas, como puede ser un salto de línea (<br>), se mostrará correctamente en un navegador si se indica que es de tipo HTML. Sin embargo, si se indica que el documento es XML, no se mostrará de forma adecuada.

### 3) HTML5

En un futuro HTML5 remplazará a DOM2 HTML, HTML4, y XHTML1. HTML5 es aún un borrador pero ya está siendo implementado por la mayoría de los principales navegadores web. Este incorpora una gran cantidad de mejoras y añade nuevas características en todos los aspectos de los estándares web actuales, véase [3].

#### B. Scripting y DOM HTML

Aunque el lenguaje más comúnmente usado de scripting (ECMAScript, más ampliamente conocido como JavaScript) es desarrollado por Ecma, W3C ha definido la gran mayoría del resto de las APIs creadas disponibles en los navegadores [21][23].

##### 1) Scripting

Un script es un código de programa que no necesita pre-procesamiento (por ejemplo compilación) antes de ser ejecutado. En el contexto de los navegadores Web, el scripting usualmente se refiere a un código de programa escrito en JavaScript que es ejecutado en un navegador cuando una página es descargada, o en respuesta a un evento lanzado por el usuario.

El Scripting puede hacer las páginas Web más dinámicas. Por ejemplo, sin recargar una nueva versión de una página esta podría permitir modificaciones en el contenido de la página, o permitir al contenido para ser añadido o enviado desde esa página. El primer ejemplo ha sido denominado DHTML (Dynamic HTML, HTML Dinámico), y el último AJAX (Asynchronous JavaScript and Xml, JavaScript Asíncrono y Xml).

Bajo estos, los scripts, cada vez más, permiten a los desarrolladores crear un puente entre el navegador y la plataforma en la que están ejecutándose, haciendo posible, por ejemplo, crear páginas Web que incorporan información desde los entornos de usuario, tales como localización actual, detalles de la libreta de direcciones, etc.

Esta interactividad adicional hace a las páginas Web comportarse como las aplicaciones de software tradicional. Estas páginas Web son a menudo llamadas aplicaciones Web y puede estar disponibles directamente tanto en el navegador en forma de página Web, como pueden ser empaquetadas y distribuidas como un Widget como es el caso que hace Apple y que se utilizará para la realización de este trabajo fin de máster.

##### 2) DOM HTML

La interfaz más básica de scripting es la desarrollada por W3C llamada DOM (Document Object Model, Modelo de Objetos del Documento), la cual permite a programas y scripts acceder y actualizar dinámicamente el contenido, la estructura y el estilo de los documentos. Las especificaciones DOM forman el núcleo del DHTML.

Aunque existen otras interfaces para modificar el contenido, el uso de DOM, por parte del usuario y de disparadores de eventos, permiten construir interfaces de usuario mucho más

ricas. Un número de interfaces más avanzadas han sido estandarizadas, por ejemplo XMLHttpRequest (componente principal de la interfaz AJAX) hace posible la carga adicional de contenido desde la Web sin tener que descargar un nuevo documento completo.

#### C. Gráficos

La Web es algo más que texto e información, es también un medio por el cual expresar la creatividad artística, la visualización de datos, y la optimización de la presentación de información para diferentes audiencias con diferentes necesidades y expectativas. El uso de gráficos en sitios Web mejora la experiencia de los usuarios, y W3C tiene algunas tecnologías diferentes y complementarias que trabajan conjuntamente con HTML y el scripting. Estas herramientas proporcionan a los creadores de páginas y Aplicaciones Web las herramientas que estos necesitan para ofrecer la mejor representación posible de su contenido.

Los gráficos Web son representaciones visuales usadas sobre sitios Webs para mejorar o permitir la representación de una idea o sentimiento, con el fin de llegar a los usuarios del sitio Web. Los gráficos pueden entretener, educar, o impactar emocionalmente al usuario, y son cruciales para dar claridad de ilustración, y facilidad de uso a las interfaces.

Como ejemplos de gráficos se incluyen mapas, fotografías, diseños y patrones, árboles de familia, diagramas, planos arquitectónicos o de ingeniería, gráficos de barras o circulares, tipografías, esquemas, líneas de arte, diagramas de flujo, y muchas otras formas de imágenes.

Los diseñadores gráficos tienen muchas herramientas y tecnologías a su disposición, y W3C proporciona muchos de los formatos de fondo que pueden ser usados para la creación de contenidos en la plataforma web abierta.

Los diferentes casos de uso de gráficos exigen soluciones diferentes, por lo tanto hay diferentes tecnologías disponibles. Las fotografías son mejor representadas con PNG, mientras que las líneas de arte interactiva, visualización de datos, e incluso los interfaces de usuarios necesitan del poder de SVG o la API Canvas. CSS existe para mejorar otros formatos como HTML o SVG. WebCGM satisface las necesidades para la ilustración y documentación técnica en muchas industrias.

En este caso nos interesa las capacidades que nos ofrece SVG y la API de Canvas para realizar la interfaz de usuario y CSS para mejorar el contenido de la aplicación tanto de los elementos HTML como de los elementos creados con SVG, la API de Canvas o MathML.

##### 1) SVG

SVG (Scalable Vector Graphics, Gráficos Vectoriales Escalables) es parecido a HTML pero para gráficos. Es un lenguaje de etiquetado para describir todos los aspectos de una imagen o aplicación Web, desde la geometría de las formas, el estilo de los textos y las formas, las animaciones, hasta las presentaciones multimedia incluyendo vídeo y audio. Es completamente interactivo e incluye una secuencia de comandos DOM como la animación declarativa (vía la

especificación SMIL). Es compatible con un amplio rango de características visuales tales como gradientes, opacidad, filtros, recorte y enmascarado.

El uso de SVG permite gráficos totalmente escalables, suavizados y reutilizables, a partir de simples gráficos para mejorar páginas HTML, hasta gráficos y visualización de datos totalmente interactivos, juegos e imágenes estáticas de alta calidad independientes. SVG es nativamente compatible con la mayoría de los navegadores modernos, y está ampliamente disponible en dispositivos móviles. La mayoría de las herramientas de dibujo de gráficos vectoriales importan o exportan SVG. Además puede ser generado desde el lado de cliente o del lado del servidor con lenguajes de scripting [27].

2) CSS

CSS (Cascading Style Sheets) es un lenguaje que describe la presentación de páginas Webs, incluyendo colores, diseño, y fuentes. Permite adaptar la presentación a distintos tipos de dispositivos, tales como pantallas grandes, pantallas pequeñas o impresoras. CSS es independiente de HTML y puede ser usado con cualquier lenguaje de etiquetado basado en XML como SVG. La separación entre HTML y CSS hizo más fácil el mantenimiento de sitios, compartiendo hojas de estilo entre páginas, y páginas a medida de distintos entornos. Esto se conoce como la separación entre la estructura y la presentación [22].

D. MathML

MathML (Mathematics Markup Language, Lenguaje de Marcado Matemático) es una tecnología Web para el almacenado y transporte de formulas matemáticas. Este puede ser usado para incluir formulas en documentos (por ejemplo, en ensayos o artículos) y para el intercambio de datos entre software matemático [26].

MathML es un lenguaje para expresar formulas matemáticas. Está basado en XML y es compatible con un amplio rango de productos software.

W3C publicó la primera versión de MathML en 1998. Fue

actualizado y ampliado en 2003. La tercera versión, la cual incluye, entre otras cosas, el soporte de lenguajes escritos de derecha a izquierda, matemáticas elementales, e integración de los diccionarios de contenido de OpenMath, llegó en 2010.

Conceptualmente, MathML tiene dos partes: presentación y contenido. Estas forman un lenguaje único y es fácil de mezclar, pero se concentran en distintos objetivos: la parte de la presentación expresa la visión en dos dimensiones de una fórmula y es más adecuada para publicaciones, tales como artículos y libros; la parte del contenido se concentra en la semántica y es más adecuada como un formato de intercambio entre aplicaciones para ingeniería, estadística, etc.

E. Uso de Estándares Web en la creación de herramientas interactivas

Se han usado los anteriores estándares de la siguiente forma:

- HTML para crear la estructura de las herramientas, secciones, marcos, etc. téngase en cuenta que el estándar HTML5 es solo un borrador y se ha estado implementado en los distintos navegadores probados como se muestra en Figura 3 [3].
- Scripting y DOM para crear la dinámica de las herramientas y que se puedan interactuar con éstas.
- CSS se ha utilizado para darle los estilos a todos los elementos de las herramientas, desde las gráficas hasta los textos. Mientras que SVG se ha utilizado para crear los distintos elementos gráficos (iconos, líneas, puntos, etc.).
- MathML se usa para mostrar formateadas las formulas que representan los sistemas que implementan las herramientas interactivas.

Utilizando todas estas características se han creado una serie de herramientas interactivas que se describen con más detalle en la sección IV.

	IE	Firefox	Chrome	Safari	Opera	iOS Safari	Opera Mini	Opera Mobile	Android Browser
3 versions back	6.0: 19%	6.0: 84%	13.0: 89%	3.2: 23%	11.0: 56%	3.2: 27%		10.0: 27%	
2 versions back	7.0: 19%	7.0: 84%	14.0: 89%	4.0: 43%	11.1: 58%	4.0-4.1: 40%		11.0: 53%	2.1: 26%
Previous version	8.0: 23%	8.0: 89%	15.0: 89%	5.0: 66%	11.5: 67%	4.2-4.3: 43%		11.1: 63%	2.2: 35%
Current	9.0: 52%	9.0: 89%	16.0: 89%	5.1: 78%	11.6: 71%	5.0: 70%	5.0-6.0: 14%	11.5: 63%	2.3: 41% 3.0: 61%
Near future	9.0: 52%	10.0: 89%	17.0: 89%	5.1: 78%	12.0: 74%				4.0: 66%
Farther future	10.0: 79%	11.0: 89%	18.0: 89%	6.0: 78%	12.1: 74%				

Fig. 3. Soporte de los navegadores a HTML5 durante Diciembre 2011.



### III. LIBROS ELECTRÓNICOS Y HERRAMIENTAS INTERACTIVAS.

En los últimos tiempos se han creado una gran variedad de dispositivos dirigidos a la lectura de libros en formato digital. Sin embargo, hay que reconocer que el término es algo ambiguo, ya que se refiere tanto a una obra individual en formato digital como a un dispositivo electrónico utilizado para leer libros en formato digital.

Por otra parte, algunos autores proponen que se debe hacer una distinción entre los libros electrónicos y el hipertexto. El hipertexto está destinado a la estructuración de la información a través de enlaces, mientras que un libro electrónico se ha definido como la versión digital de un libro originariamente editado en papel, aunque de hecho existen libros electrónicos que no tienen una edición impresa en origen. Un ejemplo de hipertexto sería Wikisource y uno de libro electrónico, cualquier libro en formato digital que pueda encontrarse en Internet o en CD-ROM.

Cualquier dispositivo con una pantalla y memorias puede ser utilizado como lector de libros electrónicos como un computador personal, una PDA o un portátil.

Sin embargo, a finales de la primera década del siglo XXI comenzaron a aparecer dispositivos cuya función era servir exclusivamente de libro electrónico. Estos dispositivos se caracterizan por un diseño que permite emular la versatilidad del libro de papel tradicional. Así, se buscó movilidad y autonomía (dispositivos móviles con bajo consumo de energía para permitir lecturas prolongadas sin necesidad de recargas), pantallas con dimensiones suficientes para mostrar documentos tradicionales (un A4 o un A5) y alto nivel de contraste incluso a plena luz del día.

En este contexto aparece la tinta electrónica, que tiene un "efecto papel" (debido a la ausencia de iluminación propia y alto contraste obtenido) y su bajo consumo (pues esta tecnología no necesita alimentación más que en los cambios de pantalla).

En el 2010 se inicia una carrera por ofrecer dispositivos más baratos y con un conjunto de servicios asociados tales como librerías en línea o la posibilidad de préstamo entre usuarios con el mismo dispositivo como el iPad, un producto de Apple que además de ofrecer una librería en línea como Amazon, también permite diversificar la presentación de libros electrónicos con capacidades multimedia. Entre las ventajas derivadas del uso de los lectores electrónicos se pueden citar varias:

- Mayor comodidad en la portabilidad. Con ellos se puede leer casi cualquier documento en cualquier lugar.
- La accesibilidad es otro de los puntos fuerte del libro electrónico. Los lectores más avanzados del mercado ofrecen conexión a Internet, con lo que pueden conectarse con los principales portales de venta de libros electrónicos, así como descargarlos

las ediciones electrónicas de diarios o revistas convencionales.

- Posibilidad de enriquecimiento del texto a través de enlaces multimedia.
- Posibilidad de hacer anotaciones y comentarios al margen.

#### A. Herramientas para crear libros electrónicos

En la actualidad están surgiendo gran variedad de dispositivos móviles para el manejo de libros electrónicos. Por tanto, en paralelo a este tipo de dispositivos están surgiendo herramientas que facilitan a los escritores a convertir o directamente redactar sus libros en este tipo de formatos electrónicos. La mayoría de libros electrónicos actuales son una copia de su homónimo en papel. Estos son textos con uno u otro formato (PDF, MOBI, EPU y otros) sin tener casi ninguna otra característica adicional al del libro original (exceptuando las que contiene el dispositivo en el que se



Fig. 4. Ejemplo de dispositivo para leer libros electrónicos.

presenta el libro), ver figura 4.

Las principales revistas y periódicos a nivel mundial como otras instituciones han sacado a la luz aplicaciones dirigidas a los últimos modelos de tabletas como iPad y tabletas con sistema operativo Android. Esta suelen ser aplicaciones propias del sistema operativo que mejorando su versión en papel incluye videos, encuestas, posibilidad de interaccionen entre los lectores, etc.

En la actualidad existen dos herramientas de desarrollo de este tipo de libros que permitan el uso de los mismos en plataformas móviles:

- iBook Author es una herramienta nueva de Apple para dispositivos iPad con la novedad de que van dirigida exclusivamente a la publicación de libros con contenido dinámico e interactiva con una interfaz WYSIWIG. Esta es una herramienta reciente con lanzamiento el 19 de enero de 2012 siendo la primera herramienta de esta clase. Véase la Figura 5.



Fig. 5. iBooks Author de Apple en un visualizando el libro en iPad y con la aplicación para desarrollo en un iMac

- Otra herramienta dirigida a la creación de publicaciones es <http://treesaverjs.com/>. Se trata de un entorno de trabajo para crear páginas webs con un diseño del estilo de una revista utilizando estándares HTML y CSS. Al ser una página web permite añadir cualquier contenido de una página web. Véase la Figura 6.

Dentro de estas herramientas mencionadas anteriormente se ha seleccionado iBooks Author para intentar demostrar el potencial que tienen los libros electrónicos a la hora de crear libros con interactividad. Entendiendo que este tipo de herramientas tiene más probabilidad de establecerse como referencia a la hora de creación de libros electrónicos debido a sus ventajas. La opción de <http://treesaverjs.com/> es buena debido a su portabilidad pero tiene el inconveniente de que aunque facilite la maquetación de la publicación gran parte del trabajo hay que realizar manualmente siendo un



Fig. 6. Ejemplo de revistas creadas con treesaverjs en distintos dispositivos (teléfono móvil, iPad, Computador personal).

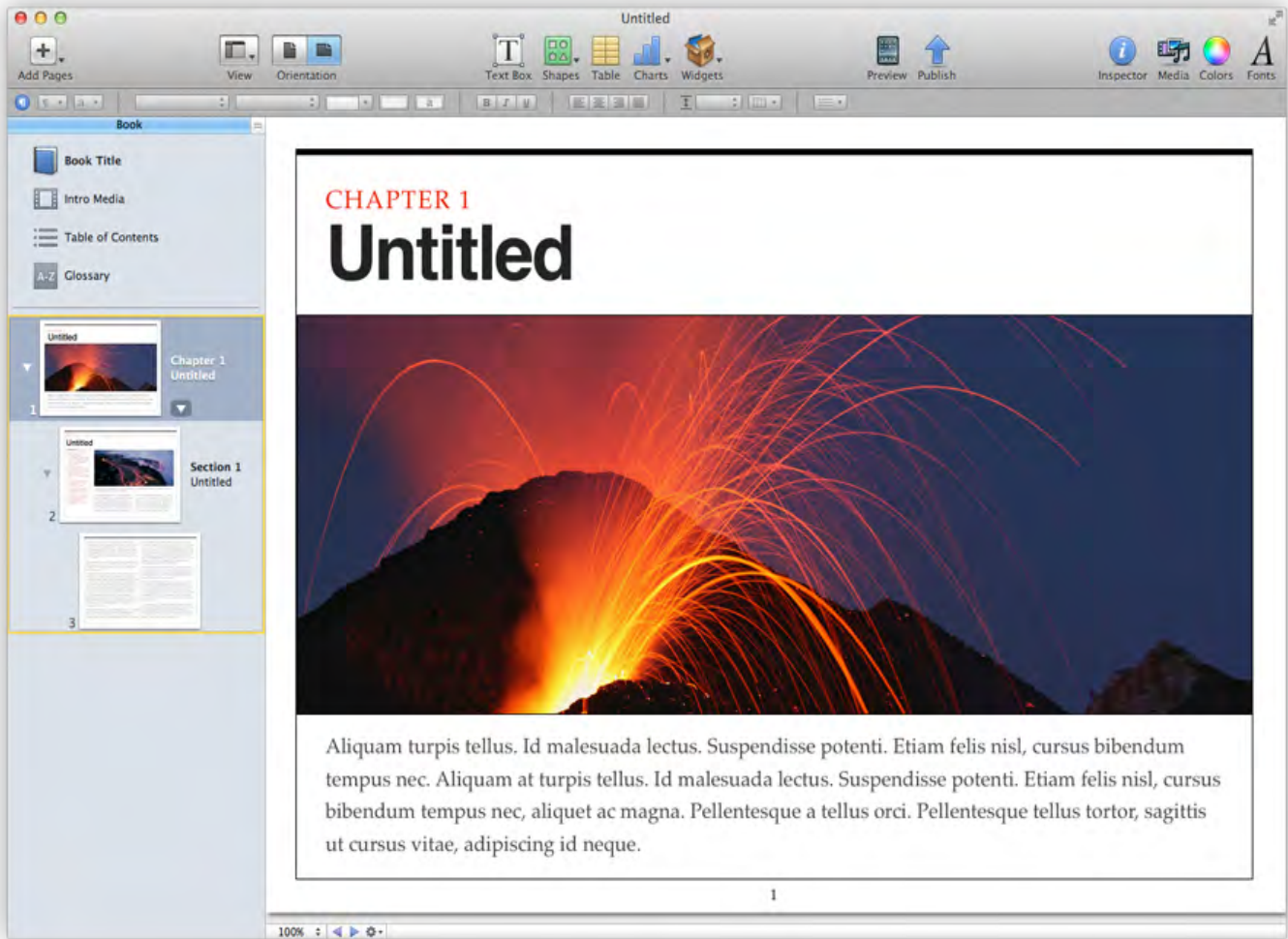


Fig. 7. Ejemplo de plantilla predefinida de la aplicación iBooks Author.

inconveniente para manos no expertas en la creación de páginas web.

### B. iBooks Author

iBooks Author es la primer herramienta disponible para crear libros electrónicos de forma sencilla. Nunca antes publicadores, autores y creadores de contenido han tenido una herramienta para hacer libros dinámicos e interactivos en un entorno WYSIWYG (WYSIWYG es el acrónimo de What You See Is What You Get en inglés, "lo que ves es lo que obtienes"). Esta herramienta tiene sus puntos fuertes y sus limitaciones. Esta herramienta permite crear páginas con bonitos diseños y cómo puedes dales vida con contenido interactivo. iBooks Author nos ofrecen las siguientes características [14]:

- Uso de plantillas. Da al usuario unas plantillas ya prediseñadas, de esta forma no se necesita empezar con una hoja en blanco. Cada plantilla tiene una variedad de paginas prediseñadas que solo hay que seleccionar. También se pueden crear tus propias plantillas tal y como se observa en la Figura 7.

- Creación del libro mediante arrastrar y soltar. Lo elementos como textos, gráficos, videos, etc. se pueden modificar fácilmente con un simple movimiento para que se vean exactamente como se quiere. Se puede añadir paginas o documentos de Microsoft Word arrastrando y soltando sobre el libro y se añadirá automáticamente una nueva sección, como se muestra en la Figura 8.
- Adaptar con un clic. Todos los elementos de iBooks Author se pueden añadir en cualquier lugar de una página con un simple clic. Se pueden crear imágenes con mascarar, usar líneas de alineamiento incluso añadir reflejos y sombras. Tan fácil como usar un procesador de textos, pero con suficiente potencial para realizar diseños más avanzados. Véase la Figura 9.



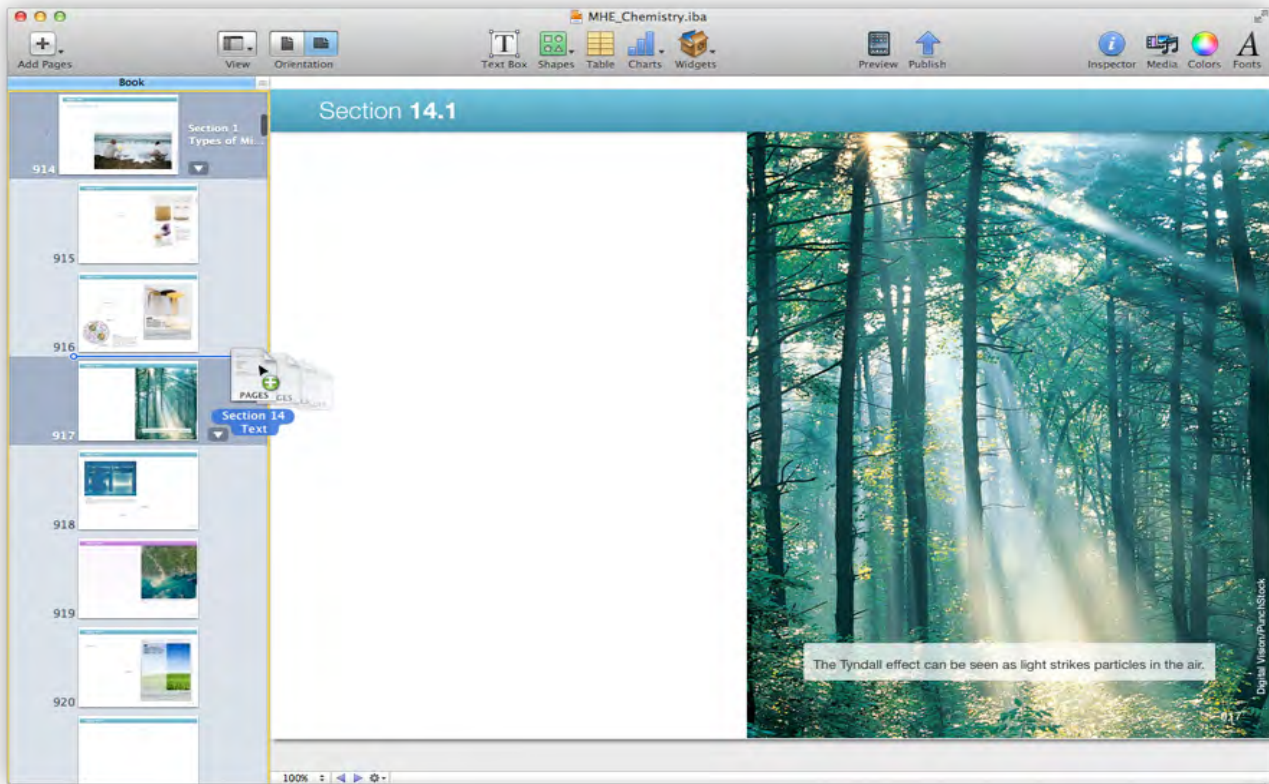


Fig. 8. Ejemplo creación de contenido del libro mediante arrastrar y soltar de la aplicación iBooks Author.

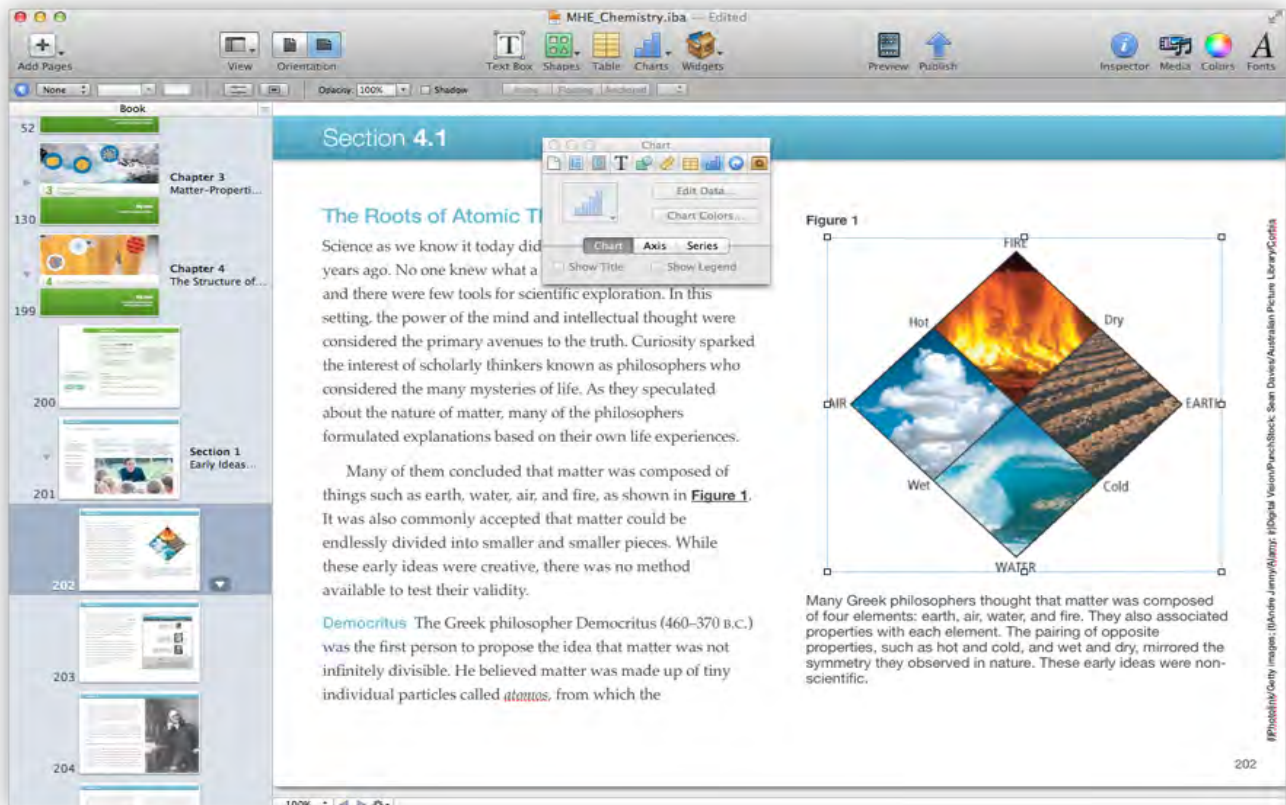


Fig. 9. Ejemplo modificación del contenido de un libro con la aplicación iBooks Author.

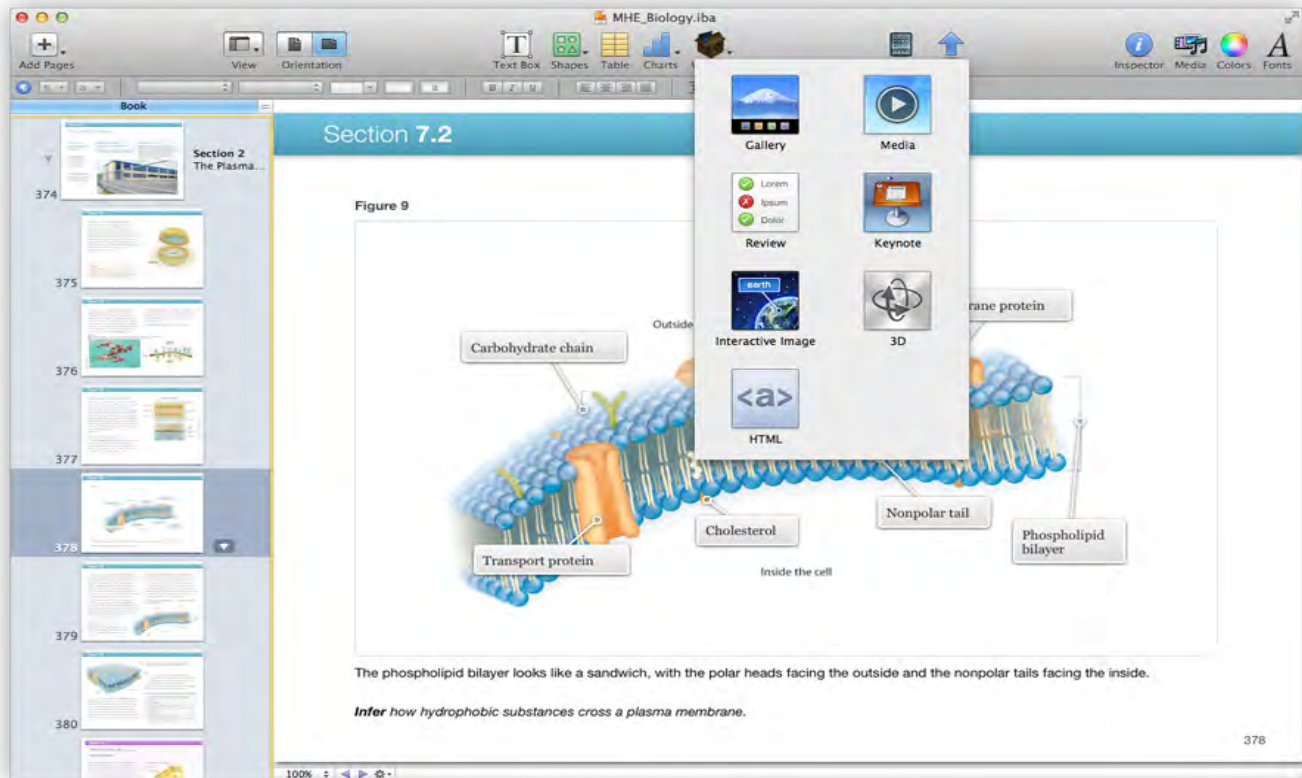


Fig. 10. Ejemplo de incorporación de Widgets en un libro con la aplicación iBooks Author.

- Añadir Widgets. Se pueden añadir Widgets como galerías de fotos interactivas, objetos 3D, animaciones, etc., véase Figura 10.
- Presentación y salida. Mientras se está creando un libro, es posible comprobar el aspecto que presenta directamente o verlo en un iPad. Apple también da facilidades para publicarlo sin intermediarios directamente subiéndolo al iBook Store para que sea comprado o de descarga gratuita. También se puede exportar a otros formatos para otros dispositivos pero pudiendo perder las características interactivas.

#### IV. LIBRO INTERACTIVOS PARA CONCEPTOS DE CONTROL AUTOMÁTICO

En este capítulo se muestra en detalle el proceso realizado en la creación del libro electrónico con características interactivas. Este proceso puede ser complejo y en el que es necesario utilizar dos programas de Apple que son gratuitos. El proceso consiste básicamente en:

- La creación de las distintas herramientas interactivas utilizando la librería creada en [7].
- La creación de un Widget iOS de cada herramienta interactiva creada en el paso anterior con el programa para crear Widgets Dashcode.

- La creación del libro en si con el programa iBooks Author. Añadiendo el contenido (texto, imágenes, herramientas interactivas) y maquetando el libro.

Al empezar este trabajo fin de máster se sabía que con iBooks Author se podían crear libros electrónicos a los que añadirles código HTML. Esto permitía añadir herramientas interactivas a utilizando la librería JavaScript desarrollada en [7], pero no se conocía el procedimiento a seguir para añadir el código HTML en iBooks Author. En las subsecciones posteriores se describe el procedimiento y las restricciones encontradas que tiene el añadir código HTML en iBooks Author. Además, a continuación se muestra con más en detalle los pasos realizados para la creación de los libros.

##### A. Creación de herramientas interactivas

Primero se crean las distintas herramientas interactivas usando cualquier programa de edición de textos clásico. La creación de las herramientas se realiza como si creará una página web normal, pero utilizando la librería *interactiv\_control.js* desarrollada en [7]. Se procede creando un script de JavaScript que se ejecuta al cargar la página con los comandos necesarios para crear las herramientas interactivas. En la figura 11 se muestra como ejemplo el código de una de las herramientas. Los comandos necesarios para la creación de las herramientas se pueden ver más detalladamente en [7] y el código completo de este ejemplo se muestra en el anexo A.

```

<!doctype html>
<html>
<head>
<title>First Order System</title>

<link rel="stylesheet" type="text/css" href="mathml.css" />
<link href="styles.css" rel="stylesheet" type="text/css">
<script src="interactiv_control.js" type="text/javascript"></script>
<script language="JavaScript">
var isiPad = navigator.userAgent.match(/iPad/i) != null;
function init(){

document.onselectstart= function() {return false;};
length = new Property(this,30,"NJ samples");
sampling = new Property(this,0.1,"Sampling");
step = new Step({text:"Step Input",length:length,sampling:sampling});
step.generateData();
pframe = new Frame({data:step,x:30,y:30,width:400,height:280,type:"graph",title:"Step Input"});
step.addFrame(pframe);
step.setDefault(pframe);
system = new FirstOrderSystem({text:"First Order System",input:step,length:length,sampling:sampling});
system.generateData();
systemframe = new Frame({data:system,x:450,y:30,width:400,height:280,type:"graph",title:"First Order System Output"});
system.addFrame(systemframe);
system.setDefault();
step.addInputof(system);
length.attachElement(pframe);
length.attachElement(systemframe);
length.updateAttachedElements = function(){
    for(var element in this.attachedElements) {
        this.attachedElements[element].parent.update();
        this.attachedElements[element].graph.calculateFactors();
        this.attachedElements[element].update();
    }
}
step.stepTime.setValue(0); //valor inicial
step.stepTime.setMin(0); //Valor minimo (en el icontrol, range and input)
step.stepTime.setMax(20); //Valor maximo (en el icontrol, range and input)
step.stepTime.setStep(0.001);
step.stepTime.x = 50; // posicion x del icontrol
step.stepTime.y = 320; // posicion y del icontrol
step.stepTime.updateControl(); //Actualizamos el icontrol con los nuevos valores

step.amplitude.setValue(2);
step.amplitude.setMin(-6);
step.amplitude.setMax(6);
step.amplitude.setStep(0.001);

step.amplitude.x = 50;
step.amplitude.y = 360;
step.amplitude.updateControl();
pframe.resetScales();

```

Fig.11. Ejemplo de código HTML de una herramienta interactiva.

Se han desarrollado siete herramientas interactivas con las que se pretendan que un estudiante mejor los conceptos que se muestran en el libro. Los principales conceptos que se explican con las herramientas son: Sistemas de primer orden, Sistemas de segundo orden, Análisis de sistema según posición de los polos, Análisis del efecto de un cero en un sistema, Controlador proporcional, Controlador proporcional integral y Controlador proporcional integral derivativo. Estas herramientas tiene un aspecto similar entre ellas en cuanto a la posición de las gráficas y los elementos de interacción pero las gráficas muestran datos totalmente distintos según el concepto que expliquen. En las subsecciones siguientes se muestra el aspecto de cada una de las herramientas y se describen brevemente.

### 1) Sistema de primer orden

En la figura 12 se muestra el aspecto que tiene la herramienta interactiva de un sistema de primer orden, esta puede dividirse en dos partes:

- En la parte izquierda se encuentra la gráfica de la entrada del sistema de primer orden, siendo una entrada en escalón donde se puede modificar el momento en el que tiene lugar el escalón y la amplitud de este. Estos dos valores se pueden modificar o pulsando sobre las líneas que los representa en las gráficas, una línea verde punteada para la amplitud y una línea azul punteada para el tiempo en el que tiene lugar el escalón, o también se

pueden modificar moviendo un botón deslizable o cambiando su valor en una cuadro de entrada que se encuentra justo debajo de la gráfica.

- Mientras en la parte derecha se muestra en una gráfica la salida del sistema de primer orden. En esta parte se puede modificar el coeficiente de tiempo y la ganancia del sistema al igual que en la parte izquierda directamente pulsando y arrastrando sobre las líneas punteadas, desde el botón o el cuadro de entrada. En esta parte además se muestra una ecuación que representa al sistema de primer orden.

### 2) Sistema de segundo orden

En la figura 13 se muestra el aspecto que tiene la herramienta interactiva de un sistema de segundo orden, esta puede dividirse en dos partes:

- Al igual que en la herramienta del sistema de primer orden en la parte izquierda se encuentra en una gráfica la entrada del sistema de primer orden, siendo una entrada en escalón donde se puede modificar el momento en el que tiene lugar el escalón y la amplitud de este. Estos dos valores se pueden modificar pulsando sobre las líneas que los representa en las gráficas, una línea verde punteada para la

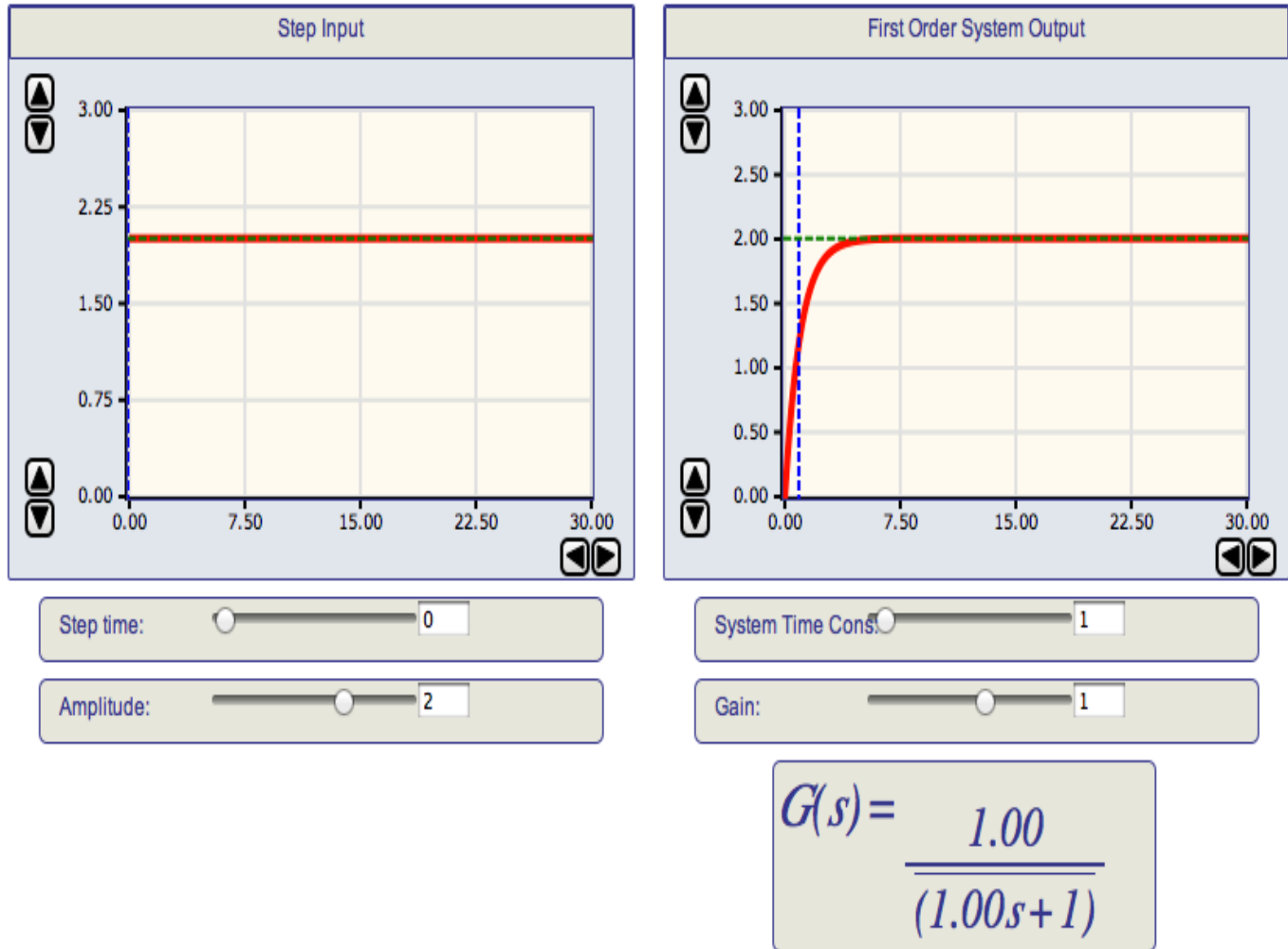


Fig. 12. Herramienta interactiva de sistema de primer orden.

- amplitud y una línea azul punteada para el tiempo en el que tiene lugar el escalón. También se pueden modificar moviendo un botón deslizante o cambiando su valor en un cuadro de entrada que se encuentra justo debajo de la gráfica.
- En la parte derecha se muestra en una gráfica la salida del sistema de segundo orden. En esta parte se puede modificar las variables características de un sistema de segundo orden, la ganancia, el coeficiente de amortiguamiento, la frecuencia natural no amortiguada, el tiempo de pico y la sobreoscilación

máxima. Todos estos elementos se puede modificar directamente con un botón deslizante y cuadro de entrada. Mediante los elementos interactivos de la gráfica se puede modificar directamente la ganancia del sistema moviendo verticalmente la línea verde punteada, la sobreoscilación máxima moviendo verticalmente el punto de color morado y el tiempo de pico moviendo horizontalmente la línea vertical azul punteada. También hay una formula con la ecuación del sistema de segundo orden.



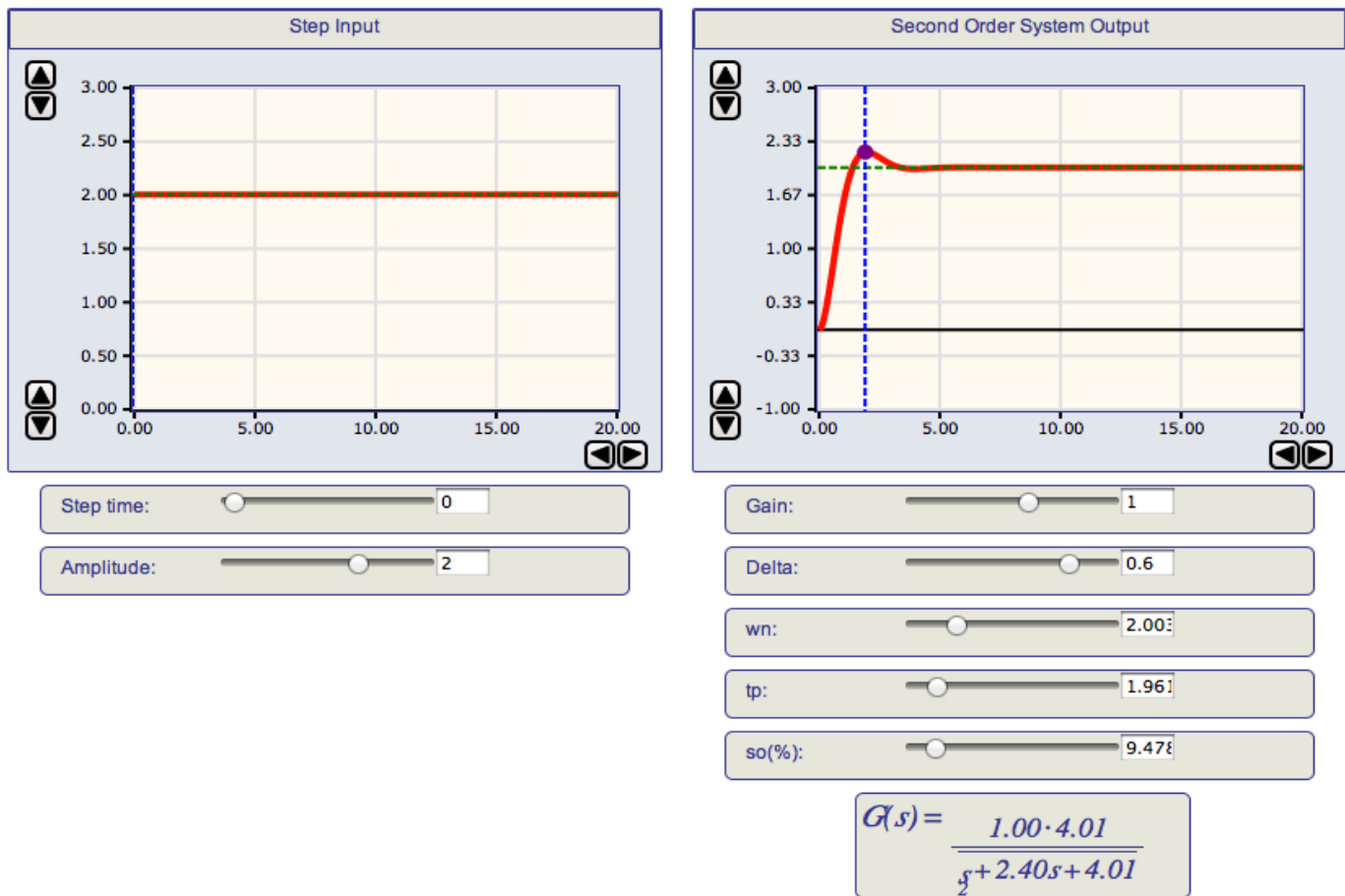


Fig. 13. Herramienta interactiva de sistema de segundo orden.

### 3) Análisis de sistema según posición de los polos

Esta herramienta, figura 14, se basa en un sistema de segundo orden en la que se muestra un plano  $s$  donde se observa la posición de los polos del sistema. De esta forma se puede ver de claramente el comportamiento del sistema según el valor que tienen los polos. Esta herramienta también se puede dividir en dos partes:

- En la parte izquierda se muestra un plano  $s$  donde están representados los polos del sistema con dos cruces de color rojo. En la parte inferior se encuentran dos rectángulos con elementos para modificar los valores del escalón de entrada del sistema.
- La parte derecha es igual a las que se muestra en la herramienta del sistema de segundo orden, que consisten en una gráfica con la salida del sistema de segundo orden.

### 4) Análisis del efecto de un cero en un sistema

Esta herramienta, figura 15, muestra las mismas gráficas que la herramienta de *Análisis del sistema* según la posición de los polos pero añadiéndole un cero al sistema. Así pues se puede

ver el efecto que tiene el cero sobre el sistema según su valor y su posición en un plano  $s$ . Por ello se añade un círculo de color rojo en la gráfica de la parte izquierda que muestra un plano  $s$  y un cuadro con elementos para variar el valor del cero en la parte inferior izquierda. Mientras en la gráfica de la parte derecha se observa además de la salida del sistema en amarillo, una línea que representa el valor del cero en color morado y una línea de color rojo que representa la salida del sistema teniendo en cuenta el efecto del cero. Además, en esta gráfica se puede modificar el valor del cero moviendo verticalmente un punto de color gris. En la fórmula de la ecuación del sistema de segundo orden se puede ver también que se ha añadido la representación del cero.



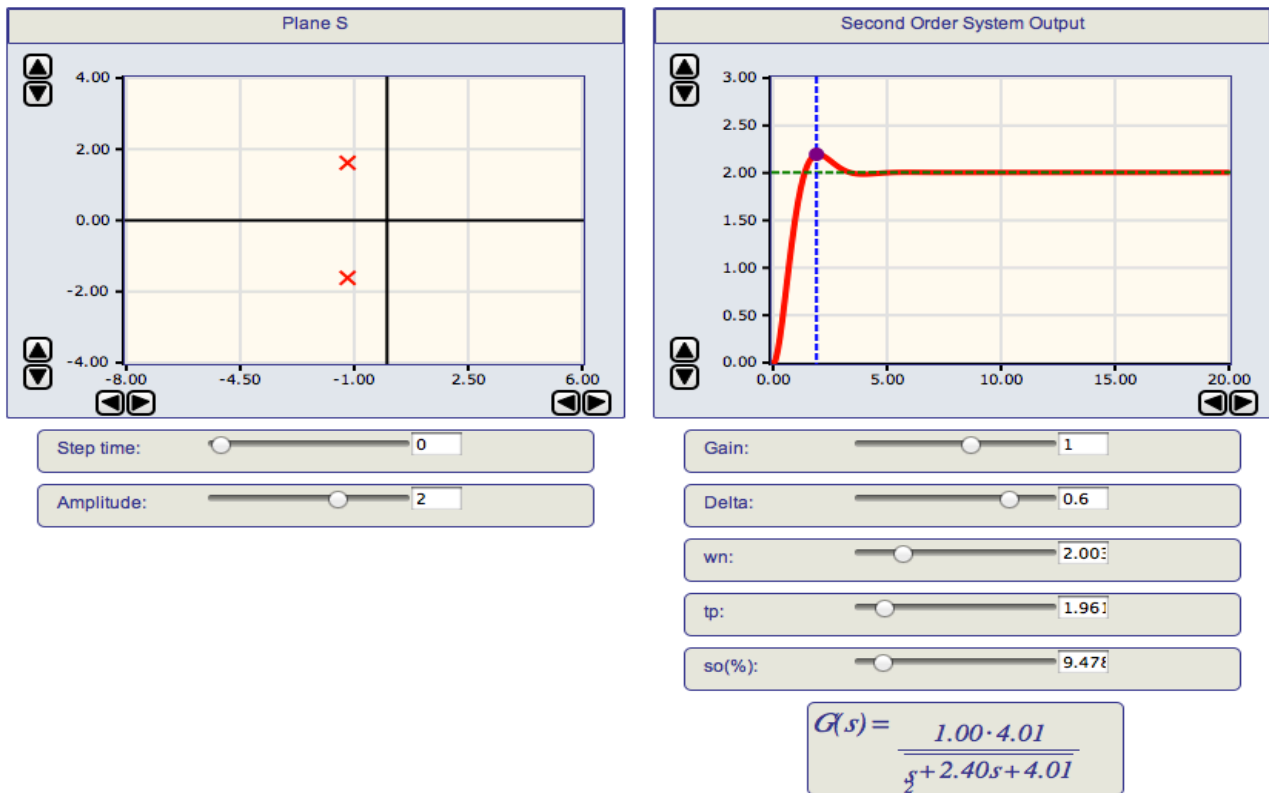


Fig. 14. Herramienta interactiva de análisis del sistema según posición de los polos.

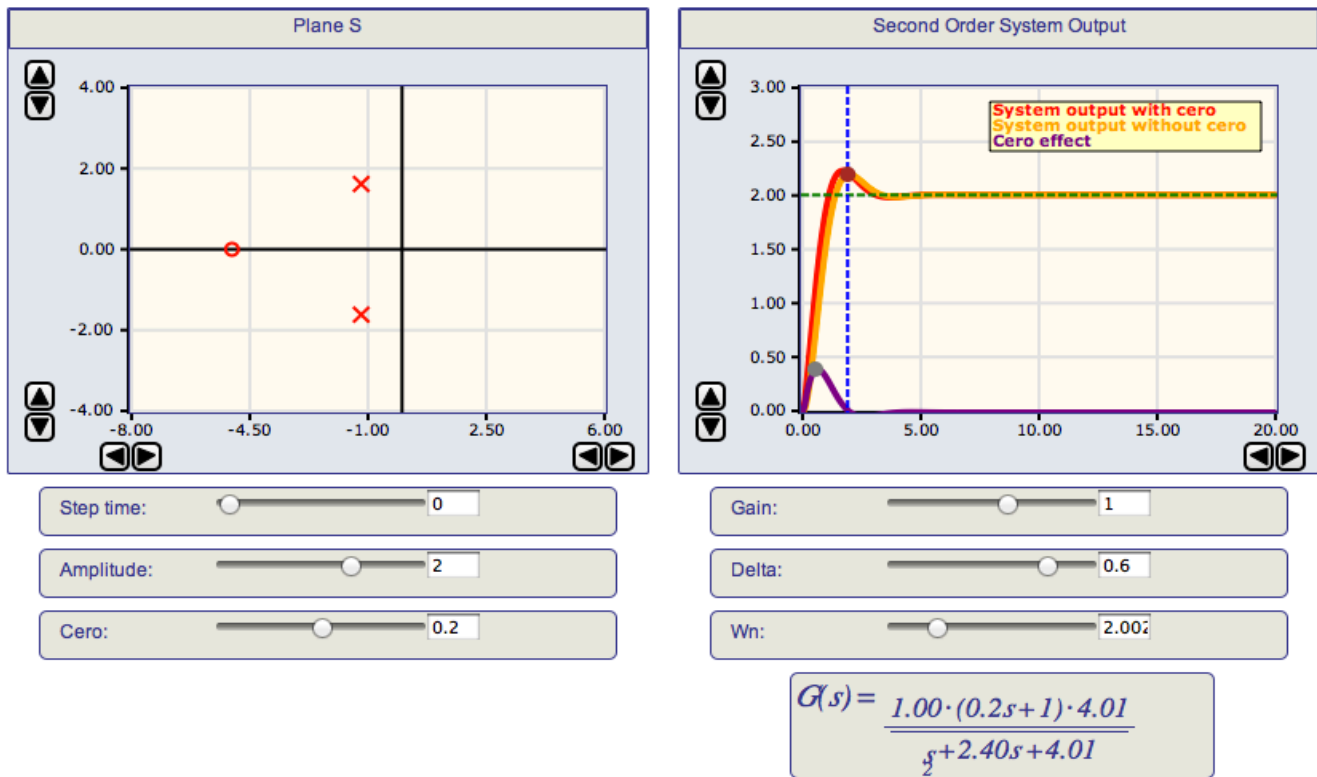


Fig. 15. Herramienta interactiva de análisis del efecto de un cero en un sistema.

### 5) Controlador proporcional

La figura 16 muestra el aspecto de la herramienta interactiva de un controlador proporcional que consiste en un lazo cerrado de un sistema de primer orden con un controlador. Esta herramienta se puede dividir en dos partes:

- En la parte izquierda superior se ven una serie de cuadros que permiten modificar el valor de la constante de tiempo y la ganancia del sistema de primer orden y de la constante proporcional del controlador. En la parte inferior se encuentran dos ecuaciones una representando al sistema de primer orden y otra al controlador.
- En la parte derecha se muestra una gráfica con el valor de la referencia en color rojo punteada, siendo posible modificarla directamente en la gráfica, en color azul la salida del sistema, en color amarillo la señal de error y en color morado el valor de la señal de salida del controlador.

### 6) Controlador proporcional integral

La figura 17 muestra el aspecto de la herramienta interactiva de un controlador proporcional integral que consiste en un lazo cerrado de un sistema de primer orden con un controlador, al igual que la herramienta del controlador proporcional esta herramienta se puede dividir en dos partes:

- En la parte izquierda superior se ven una serie de cuadros que permiten modificar el valor de la constante de tiempo y la ganancia del sistema de primer orden, de la constante proporcional y la constante integral del controlador. En la parte inferior se encuentran dos ecuaciones una representando al sistema de primer orden y otra al controlador.

- En la parte derecha se muestra una gráfica con el valor de la referencia en color rojo punteada, siendo posible modificarla directamente en la gráfica. En color azul se muestra la salida del sistema, en color amarillo la señal de error y en color morado el valor de la señal de salida del controlador.

### 7) Controlador proporcional integral derivativo

La figura 18 muestra el aspecto de la herramienta interactiva de un controlador proporcional integral derivativo que consiste en un lazo cerrado de un sistema de primer orden con un controlador, al igual que la herramienta del controlador proporcional esta herramienta se puede dividir en dos partes:

- En la parte izquierda superior se ven una serie de cuadros que permiten modificar el valor de la constante de tiempo y la ganancia del sistema de primer orden, de la constante proporcional, la constante integral y la constante derivativa del controlador. En la parte inferior se encuentran dos ecuaciones una representando al sistema de primer orden y otra al controlador.
- En la parte derecha se muestra una gráfica con el valor de la referencia en color rojo punteada, siendo posible modificarla directamente en la gráfica. En color azul se muestra la salida del sistema, en color amarillo la señal de error y en color morado el valor de la señal de salida del controlador.

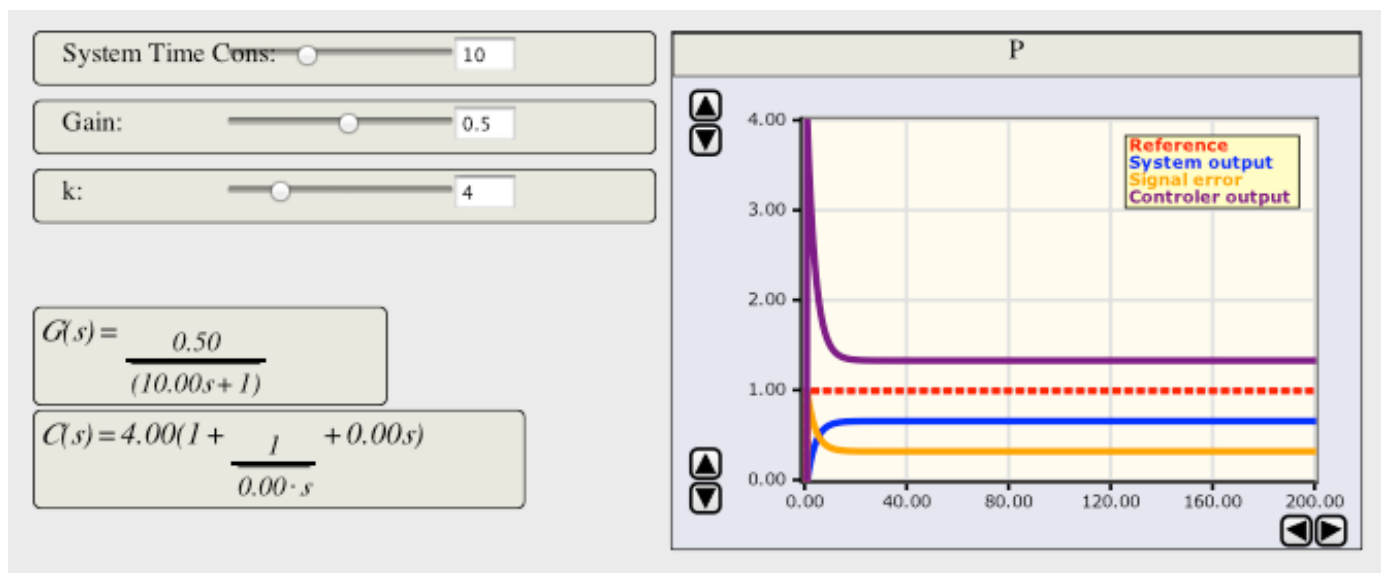


Fig. 16. Herramienta interactiva de análisis de control proporcional.

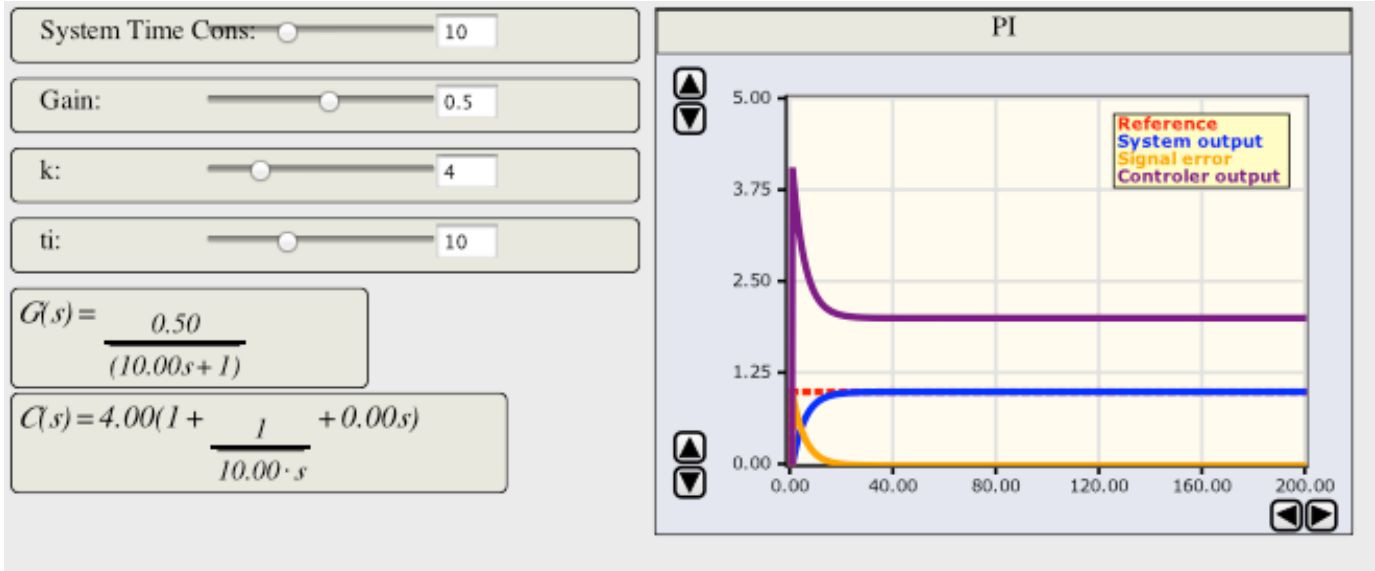


Fig. 17. Herramienta interactiva de análisis de control proporcional integral.

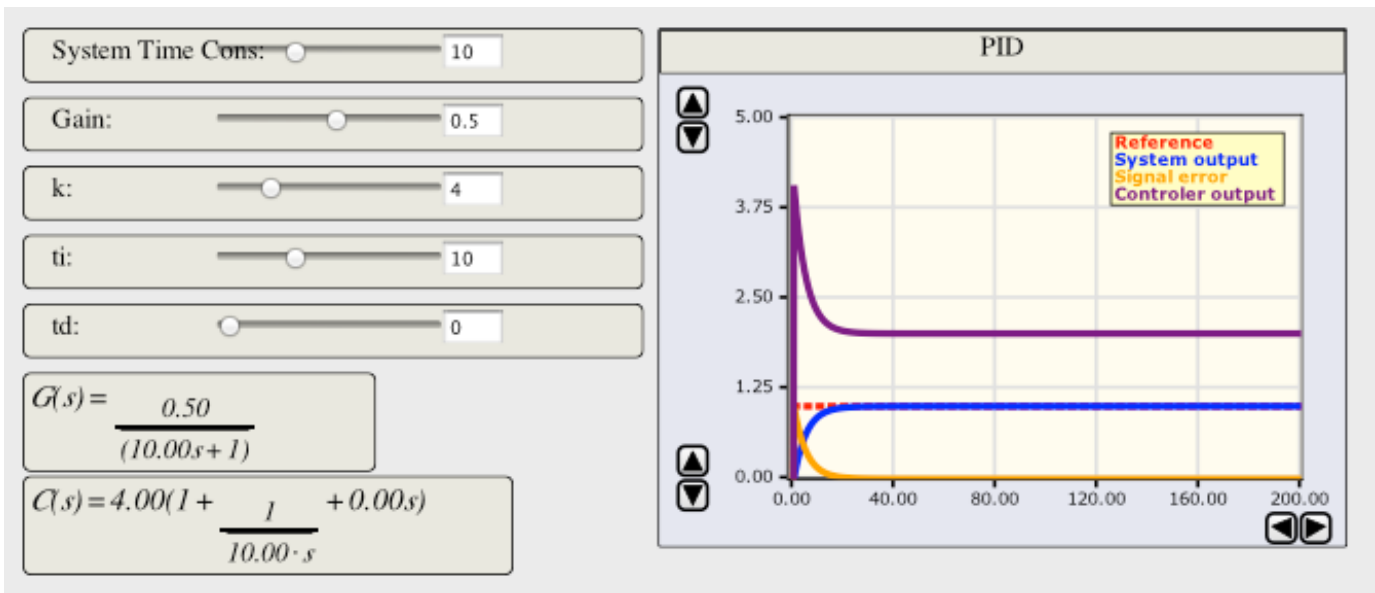


Fig. 18. Herramienta interactiva de análisis de control proporcional integral derivativo.

### B. Creación de widgets

Una vez creadas las distintas herramientas interactivas se procede a crear un Widget con el programa Dashcode de Apple. Este programa viene junto con la instalación de Xcode. Con Dashcode es posible crear tanto aplicaciones de escritorio para el Dashboard o una aplicación web (Safari). Dashcode utiliza principalmente los mismos elementos que una página web normal, utilizando los mismos estándares (CSS, HTML, JavaScript), además de otros elementos configurables propios de los Widgets.

En el caso de este proyecto interesa crear un Widget para el Dashboard. El Dashboard es el escritorio más a la izquierda que tienen los sistemas operativos de los portátiles y

computadores Mac donde se encuentra pequeñas aplicaciones, como el reloj, una aplicación meteorológica o una calculadora. En este caso interesa este tipo de Widget porque son los que se pueden incluir dentro de un libro de iBooks Author. A continuación se muestran los pasos generales utilizados para crear el Widget que se necesita.

#### Paso 1: crear un nuevo proyecto

En primer lugar se crea un nuevo proyecto con Dashcode pulsando en la barra superior de herramientas en “Archivo”->“Proyecto nuevo” o pulsando cmd+N, mostrándose una pantalla como la que se puede ver en la figura 19.

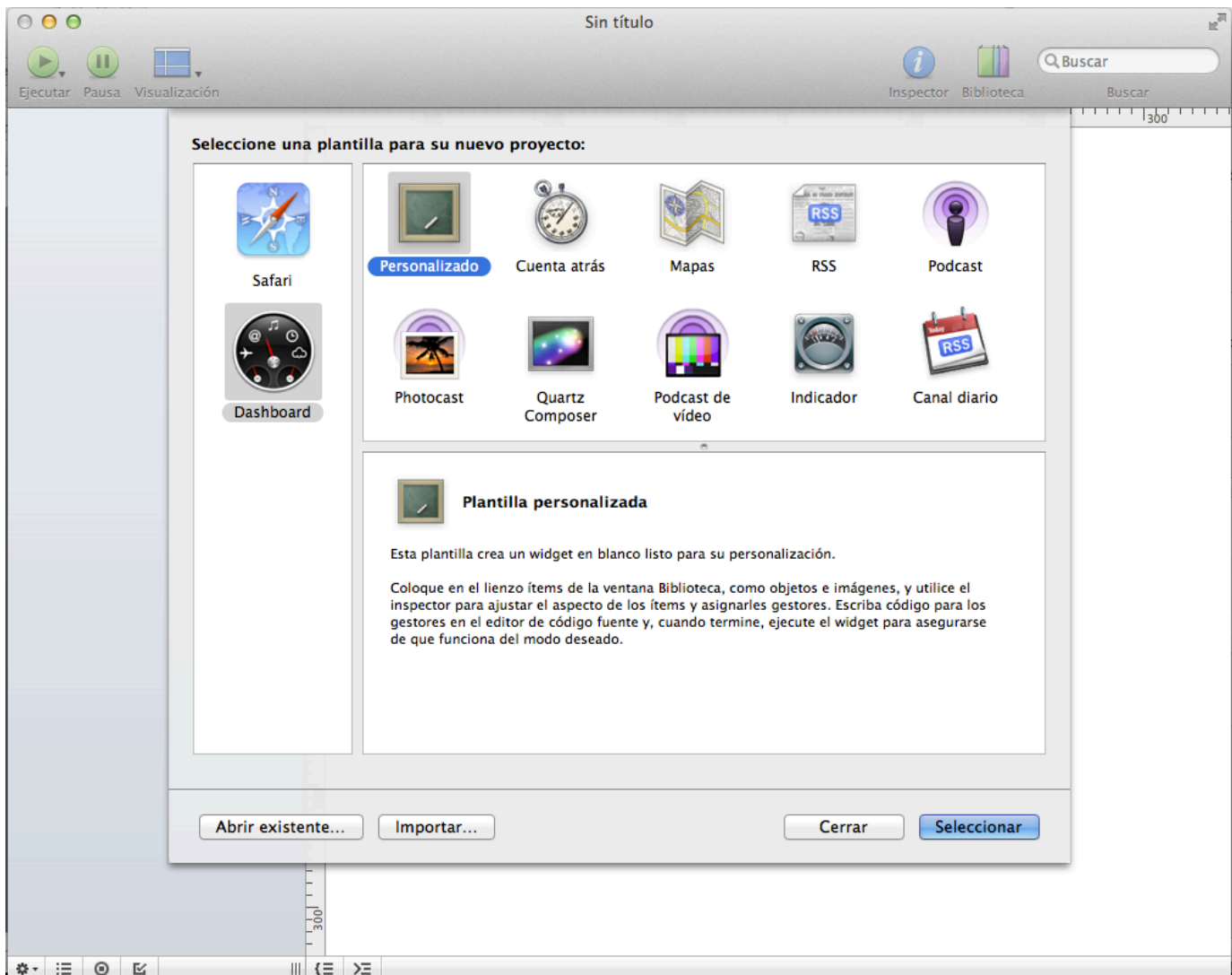


Fig. 19. Pantalla de inicio de nuevo proyecto de la aplicación Dashcode.

En esta pantalla se selecciona una plantilla de “Dashboard” del tipo “Personalizada” y se pulsa el botón “Seleccionar”, pasándose a mostrar el entorno de trabajo de Dashcode similar al que se muestra en la figura 20. En la figura se puede ver que se muestran los ficheros que forman el proyecto.

#### *Paso 2: crear contenido*

Al haber utilizado una plantilla el Widget ya viene con contenido, por tanto se procede a modificarlo.

Se añaden la plantilla de estilos que permite utilizar *Mathml*.

Se modifican los ficheros *main.js* sustituyendo su contenido por el de la librería que se ha utilizado para crear las herramientas interactivas *interativ\_control.js* [7].

Se modifica el fichero *main.html* por el fichero que se había creado alguna de las herramientas interactivas.

Se modifica la imagen *Default.png* por la imagen que deseamos que se muestre en iBooks Author donde se sitúa la herramienta antes de ejecutarla. Se puede decir que es como el

icono aunque en este caso se han utilizado imágenes que ofrecen contenido al libro.

Se modifica el fichero *Info.plist* que contiene las propiedades del Widget. Cambiando la altura y la anchura para que se muestre toda la herramienta interactiva al ejecutarla. Para ello se modifican las propiedades *Height* y *Width* respectivamente de este fichero.

Todos estos ficheros se pueden ver en la parte inferior izquierda de la figura 20.

#### *Paso 3: guardar Widget*

En el último paso se exporta el Widget para poder añadirlo en iBooks Author para ello se pulsa en la pestaña “Ejecutar y compartir” de la barra lateral de la parte superior izquierda. Una vez en esta pestaña pulsamos en el botón “Guardar en disco...” que se encuentra en la parte inferior derecha que se puede observar en la figura 21.

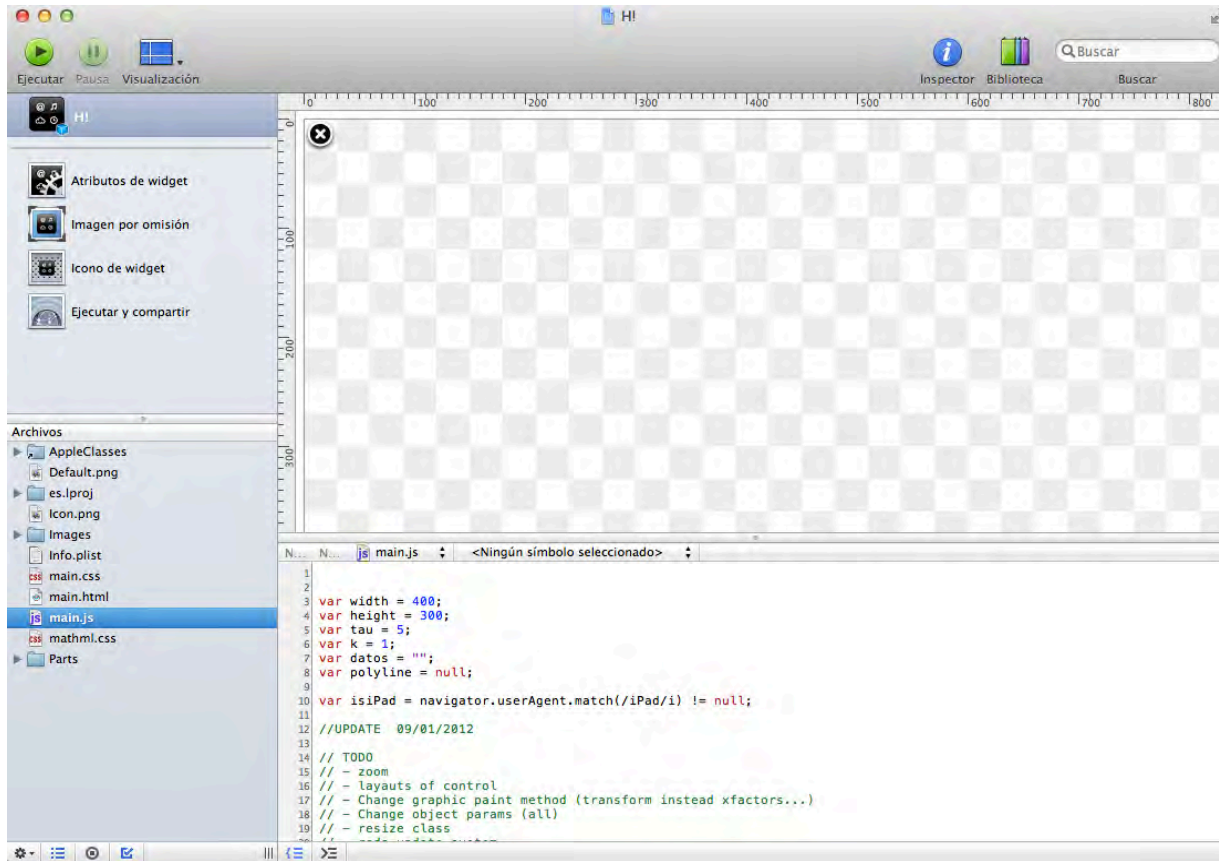


Fig. 20. Vista de desarrollo de un proyecto de la aplicación Dashcode.

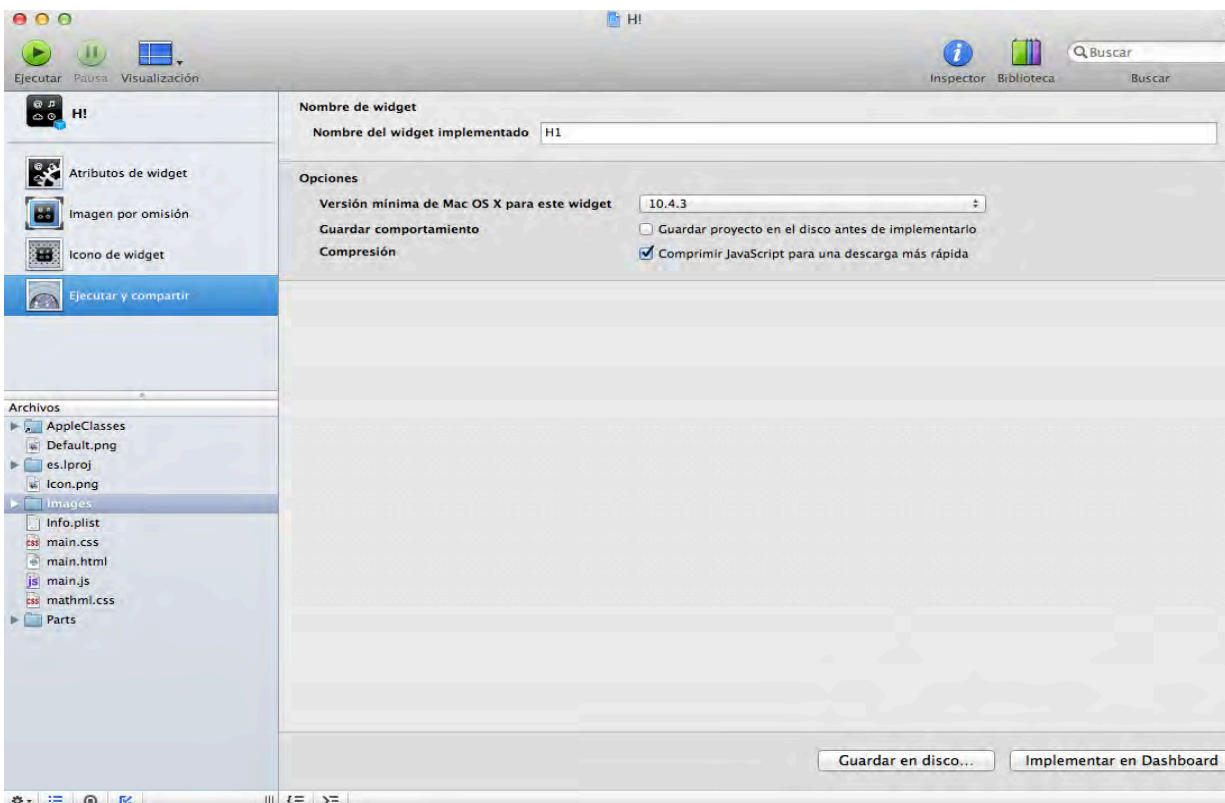


Fig. 21. Vista de "Ejecutar y compartir" de un proyecto de la aplicación Dashcode.

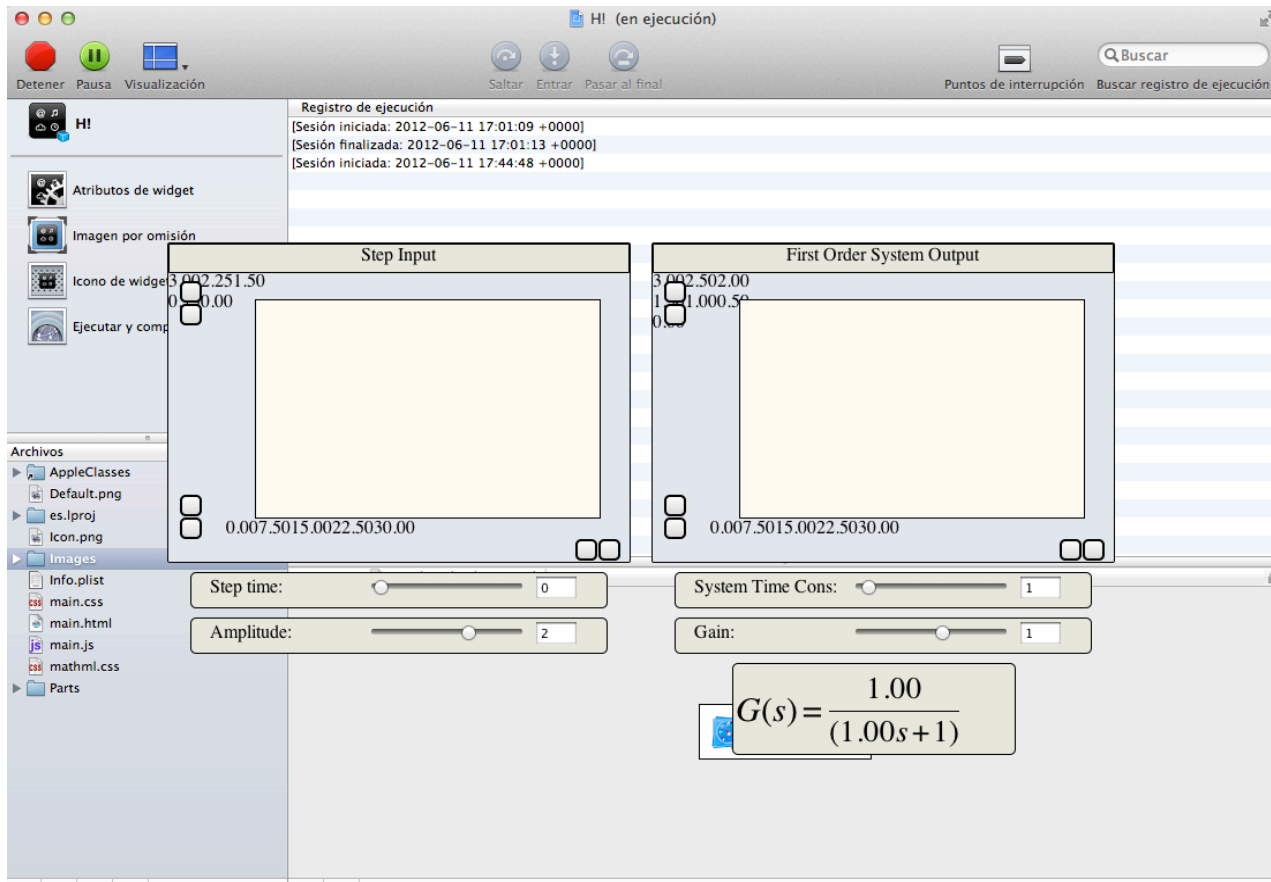


Fig. 22. Vista de ejecución de un proyecto de la aplicación Dashcode.

Se puede preguntar por qué no se ha unido la creación de las herramientas interactivas directamente con el programa Dashcode. Esto se responde fácilmente ejecutando la aplicación con el programa Dashcode pulsando en el botón “Ejecutar” de la parte superior izquierda, comprobando su funcionamiento como se muestra en la figura 22 que no se muestran ni las gráficas ni los iconos de las herramientas interactivas. Esto es debido a que parece ser que Dashcode no soporta el estándar SVG que es con los que se han creados estos elementos. Por tanto, para crear las herramientas y comprobar su funcionamiento se ha decidido crearlas con otro programa como se ha expuesto con anterioridad.

Este no es un problema que afecte a iBooks Author ya que en este otro programa si funciona bien el estándar SVG como se comprobaba en la siguiente sección.

### C. Creación del libro

Una vez que se tienen disponibles los Widgets de las distintas herramientas interactivas que se van a utilizar se pasa a crear

el libro en si con el programa iBooks Author. En la sección III se explicaron de forma general las principales características de este programa, siendo similar a los principales procesadores de textos. En esta sección se van a explicar en más detalle las características necesarias para añadir las herramientas interactivas desarrolladas en secciones posteriores.

Para añadir código HTML al libro hay que tener antes un Widget. Una disponible el Widget, se procede de la siguiente forma para incluirlo en el libro:

Paso 1. Se pulsa en la barra de herramientas superior en el botón “Widget”, desplegándose un menú donde se escoge en “HTML” como se muestra en la figura 23

Esto creará un cuadro que se inserta normalmente en el centro de la página en la que se encuentra el documento en ese momento como se observa en la figura 24.



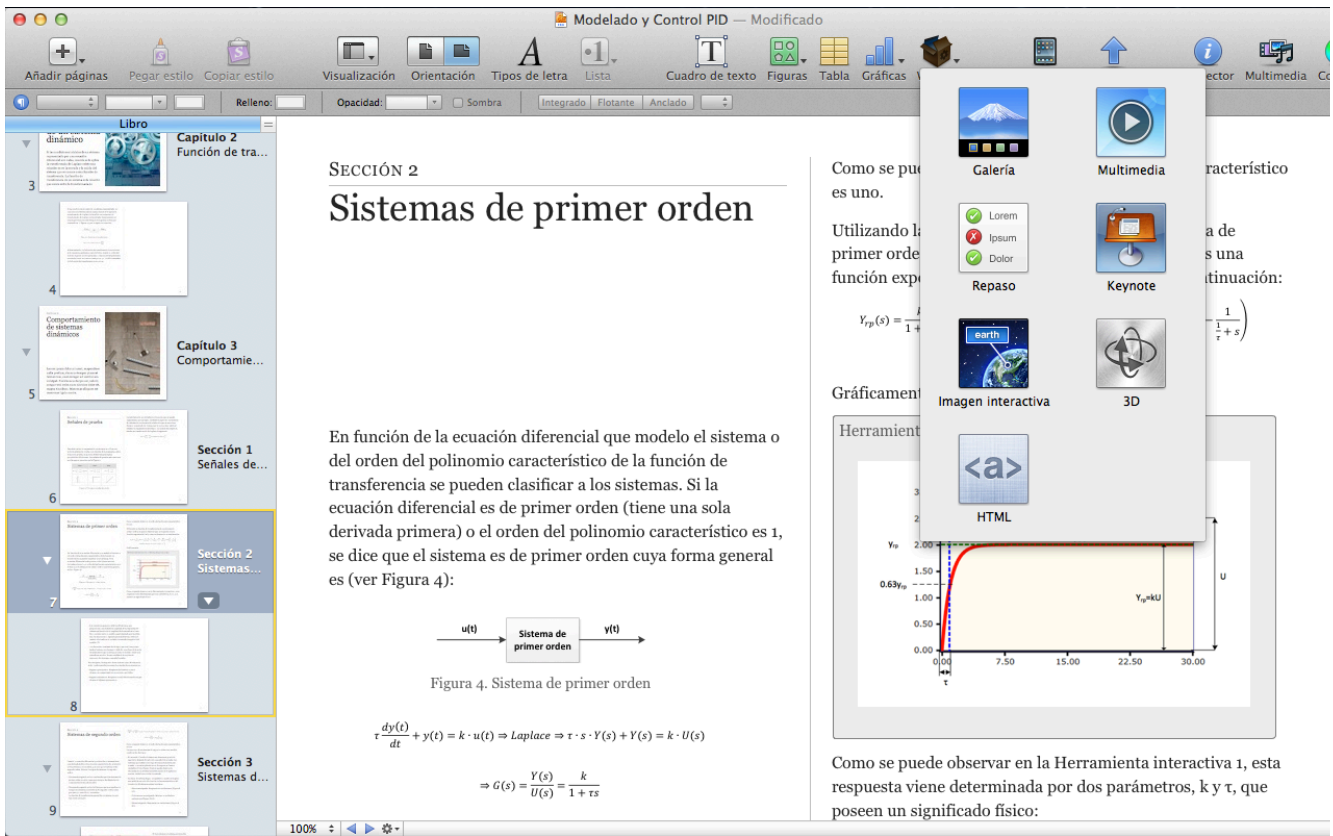


Fig. 23. Menú Widget par añadir código HTML en un libro con la aplicación iBooks Author.

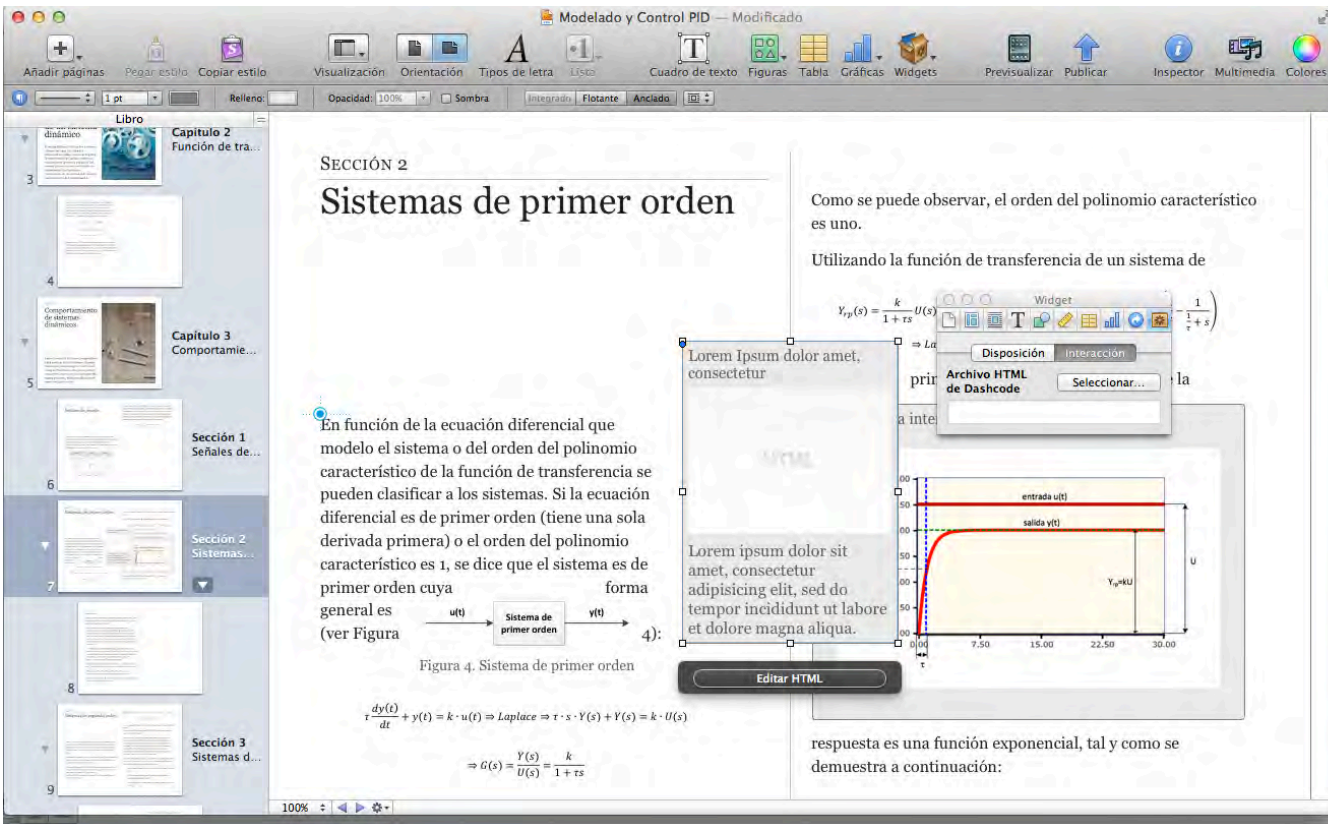


Fig. 24. Vista de inspector para añadir el archivo HTML creado con Dashcode en un libro con la aplicación iBooks Author.

Paso 2: Ahora hay que seleccionar el Widget que se desea insertar. Por defecto debe de haber aparecido la ventana de “inspector” y este debe tener seleccionada la pestaña de “Widget”. En caso de no encontrarse abierta la ventana de “inspector” se puede hacer visible pulsando en el botón “inspector” de la barra de herramientas superior. Dentro de la pestaña “Widget” se selecciona el botón “Interacción” y se pulsa el botón “Selección...” (Figura 25) que abre un menú de navegación donde se debe seleccionar el Widget que se había creado (Figura 26).

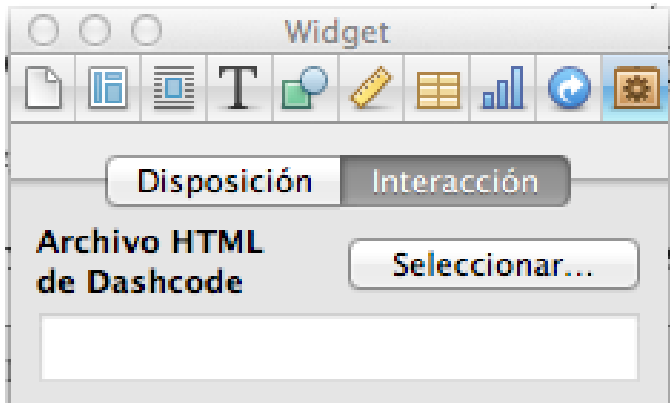


Fig. 25. Inspector de elementos de iBooks Author.

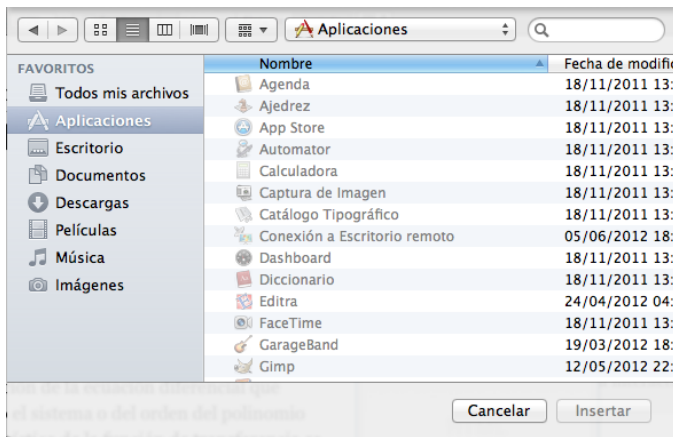
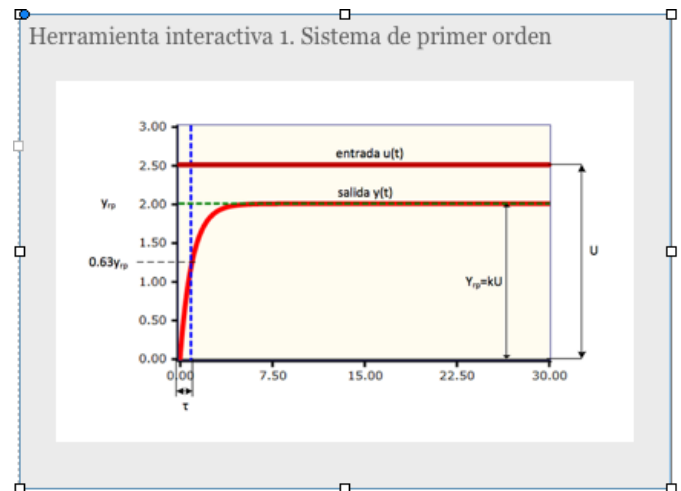


Fig. 26. Menú de navegación para seleccionar un Widget.

Paso 3: Una vez hecho esto solo queda darle formato al cuadro que se nos ha mostrado, ponerle un título, ponerlo en el lugar que deseemos, etc. Finalmente quedando con un aspecto similar al que se muestra en la figura 27.

Cabe destacar que incluye la imagen que se había puesto en el Widget como *Default.png*. Esto es así en vez de que se muestre el Widget en ejecución directamente. Por tanto, para ejecutar el Widget hay que pulsar sobre la imagen (en el iPad) o pulsando sobre el botón “Editar HTML” abriéndose el Widget en pantalla completa y dejando en un segundo plano el libro. Esto se puede ver como un inconveniente ya que interesa más que se pueda utilizar la herramienta interactiva



Como se puede observar en la Herramienta Interactiva 1, esta respuesta viene determinada por los parámetros,  $k$  y  $\tau$ , que

Fig. 27. Aspecto final de una herramienta interactiva sin ejecutar, mostrándose la imagen default.png.

mientras se puede ver el texto, fórmulas o imágenes que tengan relación con la herramienta.

#### D. Problemas en la implementación

Desde el principio de este Trabajo Fin de Máster no se conocía el método que se debía de utilizar para añadir código HTML al programa iBooks Author y mucho menos si este programa soportaría todos los estándares que se utilizan en la librería que se usa para crear las herramientas interactivas. El primer problema apareció en la creación de los Widgets como ya se comentó en la sección 4.2, pero aun así se prosiguió para analizar los resultados que se obtenían en iBooks Author. Con iBooks Author si se veía los elementos generados con SVG pero había otro problema, todos los elementos tanto botones deslizadores, cuadros de entrada como elementos interactivos en las imágenes no permitían ninguna interactividad o posibilidad de movimiento.

En un principio este problema se supuso que era directamente que no se soportaba el estándar SVG, ya que ya se había comprobado que en algunos navegadores webs de dispositivos con sistema operativo Android solían poner una imagen estática cuando se encontraban con una elemento SVG. En principio se probó a cambiar los elemento SVG por elementos Canvas (Canvas es una api que permite dibujar gráficos que se incluye en el estándar HTML5) pero seguía ocurriendo el mismo problema aunque no ocurría el problema de la sección 4.2.

Por tanto, se siguió investigando y se llegó al problema, que consistía en que para los elementos HTML creados por JavaScript para Dashcode e iBooks Author se debe rellenar la propiedad *zindex*. Esto no es necesario para ningún navegador inclusive Safari que es el navegador web de IOS.

La propiedad *zindex* esta propiedad especifica el orden por el que se muestra en pantalla cada elemento de una página web y en este caso el Widget. Su valor es un número, cuanto mayor



sea este número el elemento se representará encima de los elementos menores. Parece ser que en los navegadores web esta propiedad se auto rellena o utilizan además otras características del documento para establecer este orden, en cambio para los Widgets creados no. Como solución se ha debido de modificar la librería *interactiv\_control.js* para que se rellene esta propiedad de forma manual al ir creándose los distintos elementos.

## V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se ha demostrado que existen herramientas que permiten crear libros electrónicos con interactividad, los cuales pueden ser de gran ayuda en un futuro para el educador. Como resultado se ha creado un libro de teoría del control con herramientas interactivas que muestra de una forma práctica y visual los conocimientos que contiene el libro y por tanto el potencial que tienen estos elementos en la educación. Esto se ha realizado con una herramienta que facilita la edición de este tipo de libros y que tiene un gran potencial en un entorno WYSIWYG como es iBooks Author. Aunque se han detectado algunos problemas en la inclusión de las herramientas interactivas, el proceso no resulta de ningún modo dificultoso. Hay que tener también en cuenta que esta aplicación es relativamente nueva y es más que posible que se le añadan nuevas características y mejoras.

Es de esperar que otras plataformas den luz a otras aplicaciones similares dirigidas a sus dispositivos, algo que suele ocurrir normalmente. Por tanto, un trabajo futuro sería comprobar los inconvenientes y ventajas de estas otras aplicaciones. Una posibilidad de estudio que ya existe es <http://treesaverjs.com/> ofrece un medio para crear publicaciones del estilo de revistas y que sería portable a la gran mayoría de dispositivos. Por esto sería interesante realizar un estudio del potencial de <http://treesaverjs.com/> a la hora de crear libros en formato digital que incluyan herramientas interactivas.

## REFERENCIAS

- [1] O.E Blanco. Estrategias de evaluación que utilizan los docentes de la carrera de cuación Básica Integral de la Universidad de los Andes-Táchira. Tesis Doctoral, Universidad Rovira i Virgili, 2003.
- [2] D. Bucceri, J. Sánchez, S. Dormido, P. Mullhaupt, y D. Bonvin. Interactive 3d Simulation of \_at systems: The spidercrane as a case study. En 44th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference, Sevilla, 2005.
- [3] <http://caniuse.com>
- [4] S. Dormido. Control learning: present and future (plenary lecture). En Proceedings of the 17th IFAC World Congress, Barcelona (España), 2002.
- [5] S. Dormido. Control learning: Present and future. Annual Reviews in Control, 28(1):115-136, 2004.
- [6] F. Esquembre. Easy Java Simulations 3.1. <http://fem.um.es/Ejs/>, 2002.
- [7] J.C. González Rodríguez. Herramientas interactivas basadas en tecnología web: aplicación al campo de la automática como caso de estudio. Universidad de Almería, 2012.
- [8] J. L. Guzmán, K. J. Åström, S. Dormido, T. Hägglund, M. Berenguel, y Y. Piguet. Interactive learning modules for pid control. IEEE Control System Magazine, 28(5):118-134, 2008.
- [9] J. L. Guzmán, S. Dormido, y M. Berenguel. Interactive teaching of constrained generalized predictive control. IEEE Control Systems Magazine, 25(2):79-85, 2005.
- [10] J. L. Guzmán, F. Rodríguez, J. D. Álvarez, M. Berenguel, y S. Dormido. Ntic's en el ámbito de la ingeniería: un ejemplo de puesta en práctica. En Jornadas sobre la influencia de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en el campo docente en estudios de ingeniería, Almería (España), 2005.
- [11] B.S. Heck. Enhancing classical control education via interactive gui design. IEEE Control System Magazine, 19(3):35\_58, 1999.
- [12] M. Johansson, M. Gäfvert, y K. J. Åström. Interactive tools for education in automatic control. IEEE Control Systems Magazine, 18(3):33-40, 1998.
- [13] J.P. Keller. Interactive control system design. Control Engineering Practice, 14:177\_184, 2006.
- [14] Nellie McKesson and Adam Witwer. (2012). Publishing with iBooks Author: An Introduction to Creating Ebooks for the iPad. Sebastopol: O'Reilly Media.
- [15] National Instrument. LabVIEW Distance Learning Solution Guide. Universidad de Almería, <http://www.ni.com/pdf/academic/us/>, 2003.
- [16] Y. Piguet. SysQuake: User Manual. Calerga S'arl, <http://www.calerga.com/doc/>, 2004.
- [17] J. Sánchez, S. Dormido, y F. Esquembre. The learning of control concepts using interactive tools. Computer Applications in Engineering Education, 13(1):84-98, 2005.
- [18] J. Sánchez. Un nuevo enfoque metodológico para la enseñanza a distancia de asignaturas experimentales: análisis, diseño y desarrollo de un laboratorio virtual y remoto para el estudio de la automática a través de internet. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 2001.
- [19] B. Wittenmark, H. Häglund, y M. Johansson. Dynamic pictures and interactive learning. IEEE Control Systems Magazine, 18(3):26-32, 1998.
- [20] World Wide Web Consortium (W3C). <http://www.w3.org/>
- [21] World Wide Web Consortium (W3C). Core. <http://www.w3.org/TR/2000/REC-DOM-Level-2-Core-20001113/>
- [22] World Wide Web Consortium (W3C). CSS. <http://www.w3.org/TR/CSS2/>
- [23] World Wide Web Consortium (W3C). Events. <http://www.w3.org/TR/2000/REC-DOM-Level-2-Events-20001113/>
- [24] World Wide Web Consortium (W3C). HTML. <http://www.w3.org/TR/1999/REC-html401-19991224/>
- [25] World Wide Web Consortium (W3C). HTML5. <http://www.w3.org/TR/html5-diff/>
- [26] World Wide Web Consortium (W3C). MathML. <http://www.w3.org/TR/2003/REC-MathML2-20031021/>
- [27] World Wide Web Consortium (W3C). SVG. <http://www.w3.org/TR/SVG11/>
- [28] World Wide Web Consortium (W3C). XHTML. <http://www.w3.org/TR/2010/REC-xhtml-basic-20101123/>

## ANEXO

## A. Código utilizado en la creación de la herramienta interactiva de Sistema de primer orden.

```

<!doctype html>
<html>
<head>
<title>First Order System</title>
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="mathml.css" />
<link href="styles.css" rel="stylesheet" type="text/css">
<script src="interactiv_control.js"
type="text/javascript"></script>
<script language="Javascript">
var isiPad = navigator.userAgent.match(/iPad/i) != null;
function init(){
    document.onselectstart= function() {return false;};
    length = new Property(this,30,"Nº samples");
    sampling = new Property(this,0.1,"Sampling");
    step = new Step({text:"Step
Input",length:length,sampling:sampling});
    step.generateData();
    pframe = new
Frame({ data:step,x:30,y:30,width:400,height:280,type:"graph"
,title:"Step Input" });
    step.addFrame(pframe);
    step.setDefault(pframe);
    system = new FirstOrderSystem({text:"First Order
System",input:step,length:length,sampling:sampling});
    system.generateData();
    systemframe = new
Frame({ data:system,x:450,y:30,width:400,height:280,type:"gr
aph",title:"First Order System Output" });
    system.addFrame(systemframe);
    system.setDefault();
    step.addInputof(system);
    length.attachElement(pframe);
    length.attachElement(systemframe);
    length.updateAttachedElements = function(){
        for(var element in this.attachedElements) {

            this.attachedElements[element].parent.update();
            this.attachedElements[element].graph.calculateFactor
s();
            this.attachedElements[element].update();
        }
    }
    step.steptime.setValue(0); //valor inicial
    step.steptime.setMin(0); //Valor minimo (en el
icontrol, range and input)
    step.steptime.setMax(20); //Valor maximo (en el
icontrol, range and input)
    step.steptime.setStep(0.001); //Step del range
(minimo intervalo al mover el slider), aunque se ponga un
valor tiene un minimo debido a los pixeles que cogera si es
mayor al minimo puesto

```

```

step.steptime.x = 50; // posicion x del iconrol
step.steptime.y = 320; // posicion y del iconrol
step.steptime.updateControl(); //Actualizamos el
icontrol con los nuevos valores

```

```

step.amplitude.setValue(2);
step.amplitude.setMin(-6);
step.amplitude.setMax(6);
step.amplitude.setStep(0.001);

```

```

step.amplitude.x = 50;
step.amplitude.y = 360;
step.amplitude.updateControl();
pframe.resetScales();

```

```

system.timeconstant.setValue(1);
system.timeconstant.setMin(0.001);
system.timeconstant.setMax(30);
system.timeconstant.setStep(0.001);
system.timeconstant.x = 470;
system.timeconstant.y = 320;
system.timeconstant.updateControl();
system.delay.setEnabled(false); // En este caso no
utilizamos el delay por tanto los desactivamos

```

```

system.gain.setValue(1);
system.gain.setMin(-6);
system.gain.setMax(6);
system.gain.setStep(0.01);
system.gain.x = 470;
system.gain.y = 360;
system.gain.updateControl();

```

```

system.info.x = 520;
system.info.y = 400;
system.info.width = 240; // Ancho del cuadro de
información (hay que ajustar manualmente, Alto se auto
ajusta)

```

```

system.info.update();

```

```

pframe.vscale.maxadd = 3;
pframe.updateScales();

```

```

systemframe.vscale.maxadd = 3;
systemframe.vscale.nintervals.value = 6;
systemframe.updateScales();

```

```

}
</script>
</head>
<body onload="init()">
</body>
</html>

```